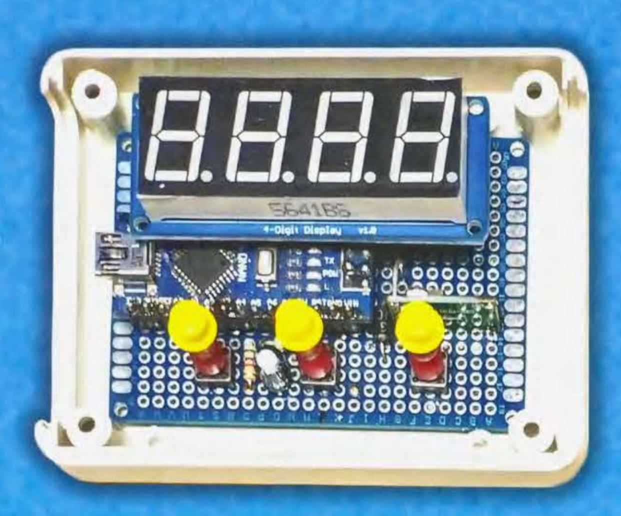
2 • 2023




**АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ**

23 ФЕВРАЛЯ — ДЕНЬ ЗАЩИТНИКА ОТЕЧЕСТВА






**УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫМ КОМПРЕССОРОМ**

- *Бюджетный контроллер*
- *Светомузыкальная приставка*
- *Коммутация мощной нагрузки*
- *Мутномер*

*...и ещё 11 конструкций*

**2**
**2023**


ISSN-0033-765X
9 770033 765009 23002

# *Студенческий радиоклуб "Спорадик"*

## в проекте "CanSat-Россия"

В. ПИККИЕВ (RW3WW), г. Курск

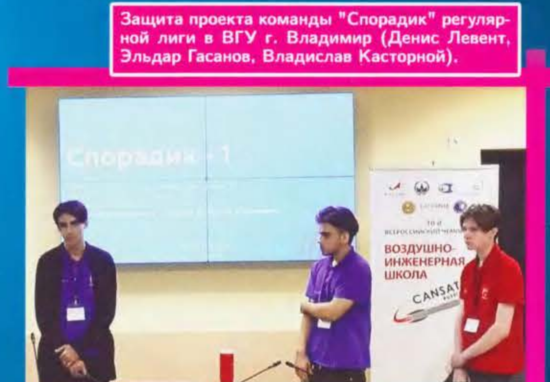
(см. статью на с. 57)

Старт ракеты.



Пункт приёма телеметрической информации со спутника команды "Спорадик" (с антенной Игорь Пронский, ученик 7-го класса).

Защита проекта команды "Спорадик" регулярной лиги в ВГУ г. Владимир (Денис Левент, Эльдар Гасанов, Владислав Касторной).






Команда клуба Спорадик" на 11-ом чемпионате "Воздушно-инженерной школы", ВГУ г. Владимир.



Предстартовая проверка аппаратов экспертной комиссией.




Участники соревнований "Курский CanSat"-2021.

# Студенческий радиоклуб "Спорадик" в проекте "CanSat-Россия"

В. ПИККИЕВ (RW3WW), г. Курск

Победители соревнований "Курский CanSat-2021" в юниорской лиге: Игорь Пронский и Никита Спиваков.



Члены экспертной комиссии на соревнованиях "Курский CanSat-2021" Сергей Пикуз и Валерьян Пиккиев. Предстартовая проверка аппарата, его технических характеристик.

Победители соревнований "Курский CanSat-2021" в лиге старшеклассников: Денис Левент, Кузьма Корягин, Артур Гарагуля.




Команда "Спорадик" в лиге старшекласников (регулярная лига): Алексей Найденков, Дарья Давыдова, Денис Давыдов.



Макет спутника регулярной лиги, приёмник и антенна на диапазон 2,4 ГГц.

Команда "Спорадик"-2021 г. на полигоне лётных испытаний в Камешково: Владислав Касторной, Денис Левент, Эльдар Гасанов, Хамза Кондрашков, Валерьян Пиккиев, Александр Степанюченко, Никита Спиваков, Михаил Якин, Андрей Самохвалов.

Студенческая команда из г. Королёва. Защита проекта после полётов.

(см. статью на с. 57)

## В НОМЕРЕ:



**На нашей обложке.** Устройство управления для автомобильного компрессора (см. статью на с. 23).

## ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ:

**БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫЙ УМЗЧ**
**ИНДИКАТОР СЕКУНД В ЧАСАХ**
**ДЕЙСТВУЮЩАЯ МОДЕЛЬ РАКЕТЫ**
**УПРАВЛЕНИЕ ВОДЯНЫМ НАСОСОМ**


**Тираж журнала «Радио» № 1 сдан для рассылки подписчикам 11.01.2023 г.**



# НАВИГАЦИЯ И СВЯЗЬ В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ

## СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

ПРЕДПРИЯТИЯ РОССИИ – ЗАЩИТНИКАМ ОТЕЧЕСТВА

## 15 МАРТА 2023
## МОСКВА, ВДНХ, ПАВИЛЬОН «КОСМОС»

ОРГАНИЗАТОР




ООО «ОВК «БИЗОН»
Почтовый адрес: 129223, Россия, Москва, а/я 10
Адрес офиса: Россия, Москва, ВДНХ, строение 619
Телефон/факс: +7 495 937-40-81
www.b95.ru

Издаётся с 1924 года

# РАДИО®

**2•2023**

МАССОВЫЙ ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

"Радиолюбитель"—"Радиофронт"—"Радио"

**"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication**

12+

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:
АНО «РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.
Регистрационный ПИ № ФС77-82030

**Главный редактор** В. К. ЧУДНОВ
**Редакционная коллегия:**
А. В. ГОЛЫШКО, А. Н. КОРОТОНОШКО, К. В. МУСАТОВ, И. А. НЕЧАЕВ (зам. гл. редактора), Л. В. МИХАЛЕВСКИЙ, С. Л. МИШЕНКОВ, О. А. РАЗИН

**Выпускающий редактор:** С. Н. ГЛИБИН
**Обложка:** В. М. МУСИЯКА
**Вёрстка**: Е. А. ГЕРАСИМОВА
**Корректор:** Т. А. ВАСИЛЬЕВА

**Адрес редакции:** 107045, Москва, Селивёрстов пер., 10, стр. 1
Тел.: (495) 607-31-18.
E-mail: **ref@radio.ru**
**Приём статей** — e-mail: **mail@radio.ru**
**Отдел рекламы** — (495) 607-31-18; e-mail: **advert@radio.ru**
**Распространение** — (495) 607-77-28; e-mail: **sale@radio.ru**
**Подписка и продажа** — (495) 607-77-28
**Бухгалтерия** — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:
получатель — АНО "Редакция журнала "Радио", ИНН 7708187140,
р/сч. 40703810538090108833
Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва
корр. счёт 30101810400000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 25.01.2023 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.
Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.
В розницу — цена договорная.

Подписной индекс:
Официальный каталог ПОЧТА РОССИИ — П4014;
КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ — 89032.

За содержание рекламного объявления ответственность несёт рекламодатель.

За оригинальность и содержание статьи ответственность несёт автор.

Редакция не несёт ответственности за возможные негативные последствия использования опубликованных материалов, но принимает меры по исключению ошибок и опечаток.

В случае приёма рукописи к публикации редакция ставит об этом в известность автора. При этом редакция получает исключительное право на распространение принятого произведения, включая его публикации в журнале «Радио», на интернет-страницах журнала или иным образом.

Авторское вознаграждение (гонорар) выплачивается в течение двух месяцев после первой публикации в размере, определяемом внутренним справочником тарифов.

По истечении одного года с момента первой публикации автор имеет право опубликовать авторский вариант своего произведения в другом месте без предварительного письменного согласия редакции.

В переписку редакция не вступает. Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

© Радио®, 1924—2023. Воспроизведение материалов журнала «Радио», их коммерческое использование в любом виде, полностью или частично, допускается только с письменного разрешения редакции.

Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика офсетной печати»
142100, Моск. обл., г. Подольск, Революционный проспект, д. 80/42.
Зак. 01070-23.




Компьютерная сеть редакции журнала «Радио» находится под защитой Dr.Web — антивирусных продуктов российского разработчика средств информационной безопасности — компании «Доктор Веб».

www.drweb.com

**Бесплатный номер службы поддержки в России:**
8-800-333-79-32

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА — КОМПАНИЯ «РИНЕТ»




**Телефон:**
+7(495)981-4571
**E-mail:**
info@rinet.ru
**Сайт:**
www.rinet.ru

# Мечты о солдатах будущего

**_А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва_**

> *"Современные учёные думают глубоко, а не ясно. Чтобы ясно мыслить, нужно быть в здравом уме, но можно думать глубоко и быть совершенно безумным".*
>
> **Никола Тесла**

Известная мудрость Se vis pacem — para bellum (Хочешь мира — готовься к войне) заставляет власти всех стран мира тратить колоссальные средства на модернизацию армий с использованием самых современных технологий. Разумеется, там не обходится и без роботов, но пока совсем не в том масштабе, о котором рассказывали фантасты и футурологи. Возможно, всё к тому и идёт, но, похоже, не прямо сейчас. Разве что недавний проект полицейских полномочий, выпущенный департаментом полиции Сан-Франциско, может дать полицейским явное разрешение на развёртывание роботов с намерением убивать подозреваемых (сотрудникам департамента хочется пожелать вести себя с точки зрения роботов безукоризненно).

Иначе говоря, зарубежные военные специалисты по-прежнему ставят во главу угла бойца-человека и максимальное облегчение его жизни как в бытовом плане, так и на поле боя. Весной 2019 г. в США Управлением развития боевых возможностей армии США (CCDC — Combat Capabilities Development Command) была представлена концепция "Солдат будущего", где был заявлен человекоцентрический подход (human-centric) как одна из основных особенностей развития военной мысли. До сих пор разработчики военного обмундирования и оборудования занимались тем, что постепенно улучшали существующие образцы. Идеологи рассчитанной примерно на три десятилетия программы "Солдат будущего" решили создать систему индивидуальной защиты военнослужащего с нуля.

С учётом технических достижений, которые стали доступны человечеству в XXI веке, концепция получила серьёзный толчок к развитию, огромное значение приобрела информатизация и компьютеризация как отдельно взятых военнослужащих, так и тактических подразделений. Современные проекты создания "Солдата будущего" в обязательном порядке ориентированы на интеграцию бойцов в цифровую систему управления боем, что позволяет командованию получать массу полезной боевой информации в режиме реального времени и лучше координировать и управлять вверенными войсками, ставить реализуемые на практике боевые задачи.

Когда-то война во Вьетнаме продемонстрировала американским военным, что убитые солдаты и офицеры появляются на телеэкране, что грозит потерей политического рейтинга действующей власти, а в перспективе и поражением в войне. Так, одним из итогов перехода к профессиональным армиям нового образца стало резкое повышение защиты бойца на поле боя. В СССР подобные работы активно начались также на фоне масштабного военного конфликта — войны в Афганистане.

С каждым годом требования к защите бойцов росли, что в итоге привело, в частности, к появлению таких концепций, как американский комплект Land Warrior (наземный воин) или французский FELIN (Fantassin a Equipement et Liaisons

Integres — Интегрированные оборудование и средства связи пехотинца ). В первую очередь, учёные и инженеры работают над повышением боевой эффективности каждого отдельно взятого военнослужащего, который принимает непосредственное участие в боевых действиях, главным образом, в пешем порядке на различных театрах военных действий.

Обмундирование пехотинца Land Warrior состоит из семи подсистем: оружия, шлема, бронежилета, карманного компьютера, навигатора, средств радиосвязи и контролирующего всё это программного обеспечения. Обязательными являются бронежилет и рюкзак MOLLE с боеприпасами, медикаментами и провизией. Основным оружием Land Warrior является штурмовая винтовка M16 или автоматический карабин M4. Вместе с автоматом поставляется большой комплект сменных модулей, что позволяет собственноручно "собрать" оптимально подходящее для конкретной миссии оружие: лазерный целевой указатель, термальный прицел, видеокамера для стрельбы из-за угла. Видеоизображение с камеры, установленной на винтовке, транслируется на OLED-дисплей шлема, где отображается карта местности, на которой помечены союзники и даже противники на основе данных разведки. В целом получается, что очки Google Glass не были первым подобным изобретением. "Мозговым" центром обмундирования Land Warrior является портативный ПК с процессором ARM XScale и ОС Linux. Навигация осуществляется посредством GPS, а связь с штабом — по защищённой линии. При отсутствии сигнала GPS за ориентацию на местности начинает отвечать специальное устройство.

FELIN, помимо штурмовой винтовки FAMAS, включает в себя новые средства индивидуальной бронезащиты с повышенными характеристиками. В частности, жилет-разгрузка в виде многослойной тканевой брони, на который навешиваются бронепластины комбинированной брони с керамикой. В основе шлема — органотекстолит. Само изделие имеет встроенную систему связи и оптоэлектронную систему обработки и отображения информации. Комплект содержит также камуфлированные куртки и брюки, радиостанцию, персональный компьютер, приёмник GPS, оптические системы (в том числе и прицельные), а также информационный дисплей, крепящийся к шлему. В качестве источников питания для комплекта выступают два литий-ионных аккумулятора.

Собственно проекты по созданию обмундирования для солдат будущего стартовали во многих странах: Швеции (MARKUS), Испании (COMFUT), Австралии (Land 125), Бразилии (COBRA), Индии (F-INSAS), а также России ("Ратник") и Польше (Projekt TYTAN).

Новая концепция "Солдат будущего" посвящена не только созданию очередной экипировки и образцов личного вооружения военнослужащих. Поставленная цель формулируется так: добиться того, чтобы военнослужащие были лучше всех в мире оснащены, защищены, накормлены и одеты. Повышение боевой эффективности солдат и тактических подразделений осуществляется за счёт повышения информационной связи всего подразделения, а также облегчения координации военнослужащих между собой и с вышестоящим командованием в боевых условиях.

Отдельным направлением является повышение выживаемости в бою за счёт создания новых средств защиты, не только касок и бронежилетов, но и "динамической брони", специальных термостатических тканей, систем обнаружения мин. Большое значение уделяется также облегчению физической нагрузки на бойцов и повышению их мобильности на марше и в бою, достигается это как за счёт использования современных более лёгких средств защиты и материалов, так и за счёт появления экзоскелетов.

Разрабатываются также современные средства химической и биологической защиты, электронные прицелы и системы управления вооружением, которые позволяют поражать противника с минимальным использованием боеприпасов и снижают риски, связанные с человеческим фактором, к примеру, спасают от дружественного огня.

В общем, United States Army Soldier Systems Center (Исследовательский центр обеспечения армии США) предлагает применить в армии практически всё перспективное — от экзоскелетов до новых ботинок и от условий обитания на передовых базах до новых материалов. При этом заявлены девять основных направлений модернизации, включая питание солдат, новые индивидуальные рационы, технологии систем солдат будущего со всей экипировкой и инфраструктурой, убежища и технологии поддержания жизни в непредвиденных обстоятельствах, десантирование личного состава и грузов, технологии тканей, моделирование и симуляции, передовые технологии бойца (начиная с мини-БЛА и заканчивая любыми полезными инновациями), а также логистику и базирование.

Иначе говоря, солдата хотят максимально усилить, разгрузить и защитить. Любое индивидуальное или коллективное действие до, в процессе или после выполнения боевой задачи должно быть рассмотрено и по возможности облегчено. Под разгрузкой понимается не только уменьшение массы снаряжения и вооружения для облегчения физической составляющей, но и снижение когнитивных и психологических нагрузок.

Американцы полагают, что современный боец не должен преодолевать тяготы и лишения, если есть возможность этого избежать, а солдат с колой и кондиционером в целом эффективнее и смертоноснее своего коллеги, которому приходится бороться не только с противником, но и с бытовыми условиями. Говорили, во время первой войны в Ираке американское подразделение отказалось выдвигаться в окопы, поскольку им не дали телевизор. Возможно, это был фейк, но в связи с новой концепцией он приобретает черты реальности.

Собственно, в сложном комплексе взаимодействий между бойцом и десятками служб, которые обеспечивают его боеспособность, нет мелочей, и любое улучшение может стать преимуществом в будущем конфликте. К примеру, экономия воды для мытья посуды — это меньшая нагрузка на логистику, это больше доставленных грузов иного характера. Ну, а технологии систем бойца включают 22 подпункта, которые, в свою очередь, тоже делятся, и по некоторым аспектам ещё только разрабатываются требования.

В итоге солдату не придётся носить на каске неуклюжие приборы ночного видения, пучеглазые инфракрасные очки или тяжёлое лазерное оборудование: наборы сенсоров, новые очки с прибором ночного видения и тепловизором, а также усилители изображения (image intensifiers) будут вмонтированы непосредственно в шлем. Внутренняя часть его забрала превратится в подобие монитора компьютера. Встроенные в комбинезон физиологические датчики позволят не только самому бойцу, но и медикам отслеживать через беспроводной Интернет его кровяное давление, пульс, температуру тела, а в случае ранения или болезни приходить на помощь, заранее зная диагноз. Однако основное преимущество шлема — снижение массы на 40 % за счёт новых материалов. Шлем будет связан с датчиками на оружии, на очки солдата будет проецироваться то, что видно через его прицел. Кроме того, шлем оснастят системой так называемой визуальной аугментации (Integrated Visual Augmentation System). Картинка перед глазами солдата будет дополняться любой полезной информацией — от состояния его здоровья до визуальных подсказок на местности. Прототипы уже испытываются. Следующий шаг — объединение всех различных подсистем шлема в единую систему связи с передачей голоса и данных, включая интеграцию с системой управления электропитанием, с различными цифровыми датчиками, обеспечивающими систему мониторинга состояния и деятельности солдата. Проводятся исследования по снижению негативного воздействия света, шума и избыточного давления (к примеру, при стрельбе и взрывах). Все датчики — нашлемные, на оружии, на теле, возможно, и в теле — будут собирать и накапливать набор данных от психологического состояния бойца и движений его тела до точности стрельбы и эффективности действий группы, в которой он находится. На данный момент формулируются параметры для оценки, и решается вопрос с хранением данных.

Оружие также будет новое, подлежат замене карабин M4 и ручной пулемёт M249 SAW. Военные намерены перейти на перспективное оружие калибра 8,8 мм, сразу со всей линейкой новых патронов — от учебных до трассирующих. Тренды остаются прежними — новые, более лёгкие материалы, продуманная эргономика, электромеханический спуск, уменьшенная отдача, увеличенная дальность стрельбы, а также счётчик боеприпасов. Оружие будет



дополняться прицельным комплексом нового поколения, основная задача которого — существенно повысить шансы поражения цели с первого выстрела.

Энергопотребление каждого бойца растёт, тогда как военные хотят или снижения массы батарей на 50 %, или увеличения их ёмкости на 100 %. В настоящее время руководители CCDC рассматривают два варианта, на брифинге назывался один из них — батареи, использующие технологию кремниевых анодов для литий-ионных аккумуляторов.

Один из приоритетов всей программы — защита военнослужащего от любых типов угроз, от баллистической (собственно от попадания чего угодно, от пуль и осколков до вывернутых взрывом камней и обломков) до радиационной и химико-биологической. По требованию конгресса к новой индивидуальной бронезащите её масса должна быть сокращена на 20 %. В CCDC планируют добиться этого с помощью новых материалов, а также снижения прикрытой бронёй площади за счёт изменённой геометрии бронепластин.

Поставлена задача увеличения возможностей разведки и, в частности, повышения ситуационной осведомлённости. Разрабатываются инструменты, которые помогут солдатам работать в условиях подавленной связи и GPS. Планируется улучшение индивидуальной и коллективной разведки, в идеале каждому солдату и отделению дадут возможность "заглянуть за угол и в соседнюю комнату".

Руководство программы честно заявляет, что требования ещё могут измениться, и неизвестно, какие технологии выживут после оценки и тестирования. В настоящее время работы уже идут, причём сразу по многим направлениям. Успехи неравномерны: какие-то новинки уже разработаны, испытаны и поступят в армию в ближайшие 3—4 года. К примеру, идёт тестирование 1,6 тыс. пар прототипов новой обуви от трёх производителей. Цель — выяснить оптимальные параметры "ботинок будущего".

К примеру, уже готовы и проходят испытания новые индивидуальные пайки, и если сейчас отделению на неделю требуется в сухих пайках примерно 128 кг, то новые рационы удалось "ужать" на 35 % по стоимости, 42 % по объёму и 39 % по массе, сохранив прежние характеристики калорийности.

В свою очередь, такие элементы программы, как экзоскелеты и наборы сенсоров, пока находятся в стадии выработки требований. Известно, что военные давно интересуются технологиями физической аугментации, в частности экзоскелетами, в двух областях. Первая — вспомогательные работы (Mission Support Type) для физически тяжёлых работ с повторяющимися действиями. Это оборудование укреплённого лагеря, погрузка, разгрузка, поднос боеприпасов. Вторая (Infantry — Dismounted human augmentation) — типичные задачи, которые решает пехотинец. Однако это не значит, что американским пехотинцам выдадут некие боевые экзоскелеты. А вот транспортные, повышающие мобильность и снижающие утомляемость, — вполне могут.

Одним из направлений развития концепции "Солдат будущего" также является повышение ситуационной осведомлённости бойцов и рост возможностей разведки. При этом планируется увеличивать рост не просто небольших тактических подразделений звена отделение—взвод, но и каждого отдельного солдата на поле боя. В настоящее время в США ведутся работы над созданием современных инструментов, которые должны помочь бойцам работать в условиях подавления противником системы навигации GPS и средств связи. На базе в Форт-Брег (Северная Каролина) проходят испытания первые очки с системой дополненной реальности (AR), американские военные испытывают новые миниатюрные БЛА — нанодроны. Обучение бойцов проводится по самым разным сценариям, с которыми солдаты могут столкнуться в реальных боевых условиях. Такой БЛА должен стать первым устройством, которое будет доступно военным на уровне отделения и ниже. Иначе говоря, поступающей с него информацией сможет пользоваться и отдельный боец. Появление БЛА на столь низком уровне управления войсками должно в перспективе снизить потери, ранения и травмы со стороны военнослужащих, так как БЛА существенно повысит их ситуативную осведомлённость о боевой обстановке, взяв на себя разведывательные функции. Да и вместо реальных бойцов в разведку можно будет отправить небольшой дрон.

Как видно, при "прогнозе на завтра" американцы обошлись без научно-фантастических "безумств", никаких "космических десантов" в "Солдате будущего" нет. Области интересов военных специалистов вполне понятны, а многие технологии уже существуют и активно используются. Что касается сроков, некоторые элементы обещают передать армии уже в 2023 г.

Кстати, занимаясь реализацией указанной выше концепции, армия США пригласила инженеров Microsoft и других сотрудников на военную базу для проведения серии недельных учебных лагерей. Там инженеров и программистов заставили играть роль солдат на поле боя, прогнав через ускоренный курс обучения для новобранцев, чтобы получить неоценимый опыт и многое узнать о навигации на местности, маневрировании в темноте и общении в полевых условиях, а также для использования этих знаний для разработки гарнитуры смешанной реальности (AR/VR).

В итоге Пентагон заключил с Microsoft контракт на производство гарнитур смешанной реальности на основе технологии Microsoft HoloLens. Устройства, использующие так называемую интегрированную систему визуального усиления (IVAS — Integrated Visual Augmentation System), позволят солдатам видеть там, где сделать это весьма затруднительно.

IVAS использует также тепловизионные камеры, оптические датчики, GPS. Главная задача — улучшить ситуационную осведомлённость солдат и предоставить им важную информацию, которая поможет планировать, обучать и выполнять миссии. Устройства позволяют солдатам видеть, где они находятся и что их окружает, проецируя голографические изображения, трёхмерные карты местности и компас в поле их зрения. Солдаты могли бы, используя IVAS, увидеть объект атаки, например, своими глазами в разных условиях, днём, ночью, в лунном свете, без него, в дождь и туман. Таким образом, заранее подробно изучив объект и подходы к нему, можно разработать максимально приближённый к идеальному сценарий действий.

Кроме того, так как IVAS использует информацию о местоположении личного состава, которая распространяется по тактической сети, солдаты смогут видеть, где находятся другие члены их взвода, даже в темноте или тумане. Новая технология обработки данных от тепловизионной камеры позволит солдатам видеть сквозь дым, а в целом система обладает улучшенными возможностями ночного видения.

Говорят, дизайн очков гарнитуры пришлось неоднократно переделывать. С устройствами ввода данных вообще оказалось много сложностей. Ранние прототипы включали гарнитуру HoloLens, к которой инженеры прикрепили камеры, защитные очки с наложенными экранами. Эти устройства отвечали всем требованиям армии к прочности, водонепроницаемости и ударопрочности. Но никто не учёл, что гарнитуры должны позволять пользователям стрелять из винтовки, упирая приклад в плечо.

К тому же выяснилось, что очки сильно затрудняют периферийное зрение. В итоге Microsoft разработала более трёх десятков вариантов очков, чтобы в итоге удовлетворить запросы солдат, поскольку подход к пониманию процессов у солдат и инженеров оказался разным.

Например, спецы Microsoft для управления гарнитурой и ввода данных разработали устройство управления, которое размещается на груди, чтобы все процессы можно было осуществлять одним пальцем. Но когда солдаты надели свои штатные рюкзаки и начали ползать, 90 % тестируемых устройств вышли из строя.

С ближайшими сроками всё понятно, поэтому настало время погрузиться в "безумие" от Управления перспективных исследовательских проектов Минобороны США (DARPA — Defense Advanced Research Projects Agency). В частности, там считают, что те бойцы из плоти и крови, которые всё ещё будут на поле боя к 2050 г., обязательно обзаведутся вспомогательной нежитью — роботами, которые помогут им практически во всём. Фактически роботы на поле боя являются теперь основным центром внимания.

Военные могут задействовать гуманоидных роботов типа Atlas или роботов, основанных на принципе биоми-

Читатели, приславшие в редакцию любые пять из шести купонов за полугодие, смогут претендовать на один из призов.

микрии, когда машины имитируют жизнь для придания своим движениям большей гибкости. Существуют также летающие и наземные роботы для обезвреживания бомб, бронированные разведывательные и боевые машины, многоцелевой тактический транспорт и беспилотные транспортные средства. Они выполняют все виды военных задач, от транспортировки припасов и утилизации мин и бомб до ведения караула, проведения разведки и оказания огневой поддержки. Роботизированные системы, вероятно, станут более распространёнными, сложными и полностью автономными в будущем.

Оказывается, использование экзоскелетов, которые дадут большую силу и выносливость, — не самый радикальный способ улучшения солдата. Министерство обороны США ожидает, что в 2050 г. солдаты-киборги станут регулярным элементом вооружённых сил США, на что будут направлены следующие киборг-технологии.

В частности, глазные имплантаты будущего обладают большим потенциалом для улучшения зрения, визуализации и ситуационной осведомлённости. Так, с помощью интеграции компьютерных чипов в глаза солдаты смогут видеть, например, в инфракрасном диапазоне, будут обладать ночным зрением, смогут легче распознавать движение и идентифицировать цели.

Солдатам будущего могут внедрить подкожные сенсорные сети, интегрированные в их тела, которые усилят мышечный контроль. Эти датчики, интегрированные с пакетом ситуационной осведомлённости на основе искусственного интеллекта, могут также обеспечить автоматическое предотвращение опасностей.

Если у солдат будущего заменить или усовершенствовать кости среднего уха и улитку, то их диапазон слуха расширится, кроме того, это защитит их от потери слуха. В сочетании с глазными и нервными имплантатами слуховые улучшат общение и ситуационную осведомлённость. Например, военный сможет определить звуки низкой интенсивности, потенциальные опасности, использовать возможности эхолокации и локализации. Можно разместить в ухе ультразвуковой локатор как у летучей мыши.

Возможность прививать компьютерные чипы непосредственно к человеческому мозгу обеспечит межмашинное, а также межмозговое взаимодействие. Это общее название технологий, которые позволяют машинам и "мозгам" обмениваться информацией друг с другом или же передавать её в одностороннем порядке. Это могут быть проводные и беспроводные системы мониторинга датчиков или каких-либо параметров устройств. По сути, солдаты обретут способы напрямую общаться с автономными системами и другими солдатами через нейроинтерфейсы, что будет иметь большое значение для оптимизации командования.

Потенциал прямого обмена данными между человеческими нейронными сетями и микроэлектронными системами может ускорить передачу знаний по всей цепочке управления, улучшить обнаружение целей и поражение, а также ускорить работу оборонительных и наступательных систем. К примеру, кроме сверхчувствительного слуха и суперзрения, бойцы получат возможность управлять беспилотными аппаратами силой мысли.

Кибернетические компоненты также будут иметь большое значение для медицинской помощи и восстановления. Например, нейронные имплантаты могут устранять симптомы, возникающие в результате травм головного мозга, — потеря памяти, головокружение, головные боли, тошнота, неспособность сконцентрироваться, трудности с запоминанием новой информации и т. д. Такие имплантаты, вероятно, будут иметь форму небольших и гибких интегральных схем, размещаемых на повреждённых участках мозга, обеспечивая мост между повреждёнными нейронами. Подобные имплантаты также могут устранять симптомы посттравматического стрессового расстройства, разрывая связь между внешними стимулами и панической реакцией. Точно так же бионическое протезирование станет вариантом для солдат, которые получают непоправимые повреждения частей своего тела.

Говорят, что бионические глаза и искусственные органы, руки и ноги, в которых используются сложные электроды для непосредственного слияния с нервными каналами, окажутся не хуже врождённых. Они восстановят и улучшат подвижность и сенсорное восприятие и обеспечат сенсорную обратную связь: давление, вибрация, температура, удовольствие/боль. Подкожные оптогенетические имплантаты также помогут в процессе восстановления, когда мышцы и другие мягкие ткани повреждены.

Другие важные достижения, которые стоит ждать в ближайшем будущем, — это биопечать и другие развивающиеся области биотехнологии. Возможность печати органических тканей по запросу, таких как кожа, органы, мышечные ткани и кровеносные сосуды, в разы повысит выживаемость и скорость восстановления солдат. Перманентные травмы, такие как фантомно-болевой синдром и, возможно, даже посттравматическое стрессовое расстройство, уйдут в прошлое. Ну, а за войсками будут двигаться фабрики по ремонту военнослужащих.

Впрочем, самих военнослужащих можно будет выращивать специально для конкретного применения. Уже сегодня крупнейшие лаборатории мира проводят эксперименты в области биологической модификации солдат, которые не знают страха, боли и усталости, для них не существует невыполнимых приказов, потому что эти бойцы, к примеру, не боятся смерти. Разумеется, подобные программы нарушают любые, какие только можно придумать, этические границы, но, как мы теперь понимаем, у инициаторов данных работ этих границ просто нет. Казалось бы, мировому сообществу пора регулировать эти программы, но, как написал один Карл, если прибыль может составить 300 %, нет такого преступления, которое не совершил бы ради такой удачи капиталист.

*По материалам* ***hightech.fm, topwar.ru, iz.ru, naked-science.ru, nanonewsnet.ru, ren.tv, newdaynews.ru, lastday.club***


**Вышла в свет новая книга**




**Ворона В. А.** Радиопередающие устройства. Основы теории и расчета.

Курс лекций. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Горячая линия — Телеком, 2022 г., — 536 с.: ил.

ISBN 978-5-9912-0943-4.

В первой части книги проведён анализ основных типов радиопередающих устройств (РПДУ), и на его основе рассмотрены принципы действия, особенности построения и расчёта их базовых каскадов.

Во второй части книги приведены возможные методики обоснования рациональных функциональных схем РПДУ, расчёта основных параметров каскадов и анализа их технико-экономической эффективности. Обобщены конкретные методики расчёта параметров структурных схем и каскадов передатчика.

В третьей части рассмотрены возможные варианты функциональных схем цифровых РПДУ на основе цифровых контроллеров информационного тракта и радиопередатчиков с прямым цифровым формированием высокочастотных сигналов на промежуточной и высокой частотах. Проведён анализ вариантов построения, классификации и характеристик основных элементов цифровых РПДУ.

Для студентов вузов, обучающихся по направлениям "Радиотехника", "Инфокоммуникационные технологии и системы связи". Будет полезна при изучении раздела "Радиопередающие устройства" учебной дисциплины "Системы и сети передачи информации" студентам, проходящим подготовку по специальностям "Информационная безопасность телекоммуникационных систем", "Комплексное обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем" и "Компьютерная безопасность", а также аспирантам и специалистам соответствующих направлений.

**Адрес издательства в Интернет WWW.TECHBOOK.RU**





Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

# Радиолокация: создание теории

**_В. СЕРОПЕГИН, канд. техн. наук, г. Королёв Московской обл._**




*"Самое непостижимое в мире — то, что он постижим".*

**Альберт Эйнштейн**

Приём радиолокационных сигналов представляет собой сложную радиотехническую задачу [1]. Это связано с исчезающе-малым значением той доли зондирующего сигнала, которая возвращается к радару после отражения от цели. Помимо этого, приём ведётся в присутствии различного рода помех и при наличии шумов активных элементов приёмного устройства.

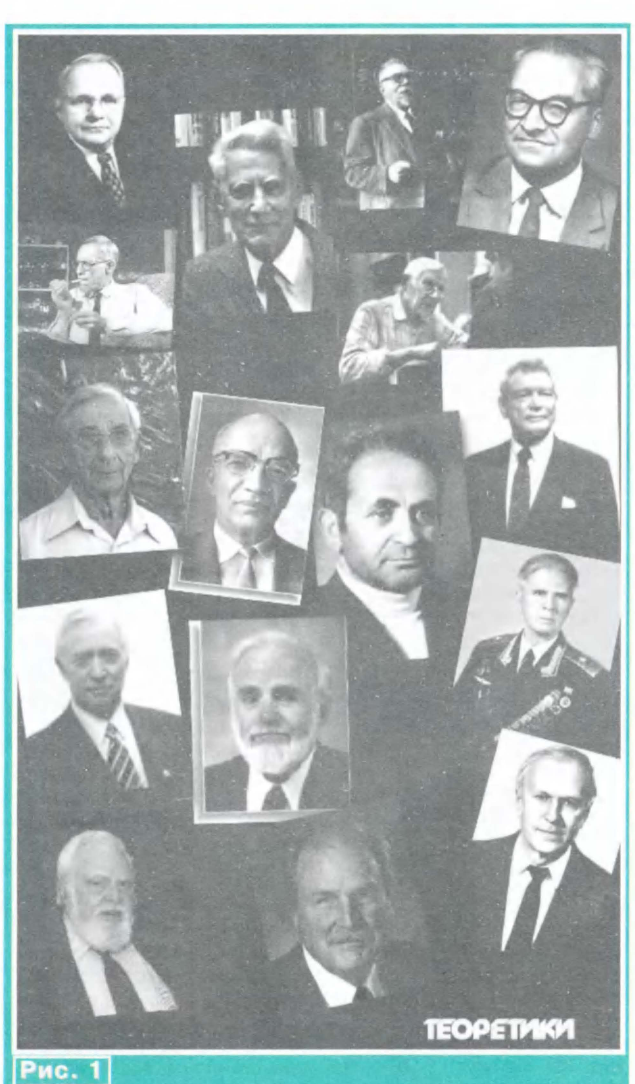



**Рис. 1**

В этой связи для радиолокационного приёма созданы и используются сложные алгоритмы цифровой обработки сигналов [2]. Приёмные радиолокационные системы выполняют также и необходимый анализ сигналов.

Во все годы разработчики стремились создавать РЛС, имеющие максимально возможные дальность действия и разрешающую способность по координатам цели: дальности, азимуту и углу места.

Во время Второй мировой войны к разработке методов анализа радиолокационной техники были привлечены многие крупные учёные [3, 4] (**рис. 1**). Начало теоретических исследований эффективности приёма сигналов с использованием статистических методов относится к тридцатым годам прошлого столетия. Однако только в середине сороковых годов в США, Великобритании и СССР были широко развёрнуты научные исследования, приведшие к созданию новой научной области — статистической радиотехники.

Для радиолокации особое значение имеют результаты этой теории, относящиеся к анализу прохождения случайных процессов через различные линейные и нелинейные звенья приёмного тракта, теории оптимальной фильтрации сигналов, включая теорию обработки сигналов, позволяющую выделять полезные сигналы на фоне мощных помех, вызванных отражениями от посторонних объектов.

Разработка теоретических основ радиолокации позволила заложить научную базу для создания РЛС, надёжно обнаруживающих цели и с высокой точностью измеряющих их координаты.

Не все полученные теоретические результаты находили отражение в открытой литературе. После войны часть сведений и теорий была засекречена. Однако именно в эти годы теория признана в качестве необходимой в качестве предпосылок разработок и расчётов РЛС.

## Развитие методов анализа взаимодействия приёмного тракта и случайных процессов

В годы Великой Отечественной войны над разработкой методов статистической радиотехники работали выдающиеся русские и американские учёные. В СССР значительный вклад в разработку внесли академик М. А. Леонтович, профессора В. И. Бунимович, Б. Р. Левин, Р. Л. Стратанович и В. И. Тихонов. В США — С. О. Райс, Д. Миддлтон. В первых фундаментальных работах были рассмотрены основные задачи статистической радиотехники. В статьях С. О. Райса и В. И. Бунимовича, опубликованных в 1944—1945 гг., была изложена теория и представлены методы решения задач прохождения сигналов и шумов через различные звенья нелинейных приёмных трактов.

Другая крупная фигура в этой области — выдающийся американский учёный Д. Миддлтон. Им были решены

РАДИО № 2, 2023
НАУКА И ТЕХНИКА
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

задачи по определению корреляционных функций и спектров мощности при прохождении случайных процессов через многие элементы приёмных устройств.

## Синтез согласованных фильтров

Одна из важнейших проблем радиотехники — приём сигналов известной формы на фоне флуктуационных шумов. Задача заключается в осуществлении выбора фильтров в приёмниках так, чтобы на их выходе отношение пикового уровня мощности сигнала к мощности шума имело максимально возможное значение. Синтез приводит к вариационной задаче, в которой заданы спектр детерминированного полезного сигнала и энергетический спектр случайного шума, действующего на входе приёмника, а неизвестной является частотная характеристика фильтра.

Впервые метод синтеза согласованных фильтров разработали в 1943—1944 гг. американские учёные Д. О. Норс, Д. Миддлтон и Дж. Ван Флек, предложившие сам термин "согласованные фильтры". Разрабатываемые ими радиолокационные системы имели гриф "секретно".

Было показано, что в том случае, когда случайный шум — белый, частотная характеристика согласованного фильтра является функцией, комплексно сопряжённой спектру выделяемого импульса, а его переходная характеристика — функция, инверсная во времени функции, описывающей выделяемый полезный сигнал.

Этот результат имел важное практическое значение и явился первым результатом по синтезу согласованных фильтров, выделяющих полезный сигнал с минимальной погрешностью.

В радиолокации теория согласованных фильтров — важный раздел теории связи, поскольку такие фильтры — необходимый элемент оптимальных систем приёма любых дискретных сигналов на фоне гауссовских помех.

В настоящее время почти все радиолокационные приёмники имеют в своём составе согласованный фильтр или близкие к ним устройства.

## Синтез оптимальных фильтров для работы на фоне гауссовских шумов

Основополагающую работу по разработке математического аппарата линейной фильтрации в дискретном времени опубликовал в 1939 г. академик А. Н. Колмогоров. Она носила чисто теоретический характер.

Во время Второй мировой войны велись работы по проблемам точности наводки орудий зенитной артиллерии на движущиеся вражеские самолёты. Эта тема была разработана крупным американским математиком Н. Винером. Он опубликовал свои результаты в книге, изданной в 1949 г. В ней указал важность развитой им теории фильтрации для специалистов в области радиотехники.

## Поиск необходимых зондирующих сигналов

В начале развития радиолокации для измерения дальности цели от радиолокационной станции использовались короткие импульсные сигналы, а для измерения доплеровского сдвига частоты принимаемого сигнала (радиальной скорости движения цели) применялись сигналы достаточно большой длительности.

Для повышения разрешающей способности РЛС по дальности необходимо было уменьшить длительность зондирующих импульсов. Однако при этом снижалась их энергия, что приводило к уменьшению дальности действия РЛС. Кроме того, РЛС, в которых применялись короткие импульсы, имели низкую разрешающую способность при определении скорости цели.

Поиски решения этой двойственной задачи начались ещё в сороковых годах прошлого столетия и продолжались в течение более 40 лет. Значительное число исследований было посвящено разработке методов синтеза радиолокационных сигналов.

Начало создания РЛС, в которых использовались специальные широкополосные сигналы, относится к пятидесятым годам прошлого столетия. В эти годы в США и в СССР начались интенсивные исследовательские работы по созданию радиолокационных систем с большой дальностью обнаружения целей и высокой разрешающей способностью по дальности и скорости их движения. Теоретические исследования показали, что в качестве таких сигналов должны быть использованы широкополосные сигналы [5].

Фундаментальный вклад в теорию радиолокационных сигналов внёс в 1953 г. английский учёный Ф. Вудворд, установивший, что при разработке РЛС важен выбор формы сигналов, которая определяет разрешение по дальности.

Он ввёл в теорию радиолокационных сигналов новое понятие — функцию неопределённости сигналов — двумерную функцию, которая была им определена так:

$$Y(\tau,\Delta f) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t)\, s^*(t-\tau)\, e^{-i2\pi\Delta ft} dt,$$

где s(t) — радиолокационный сигнал, а $s^*(t-\tau)$ — комплексно сопряжённый сигнал. Функция неопределённости $Y(\tau,\Delta f)$ позволяет в наглядной форме установить возможности сигналов разной формы обеспечить разрешение целей по дальности и относительной скорости, а также определить точность измерения этих параметров.

Функция неопределённости характеризует степень различия откликов согласованного фильтра на сигналы s(t) с различной временной задержкой (дальность до цели) и доплеровским сдвигом частоты (радиальная скорость цели). При этом для короткого импульса функция обладает небольшой протяжённостью по оси τ и значительной — по оси f, т. е. РЛС с таким сигналом имеет высокую разрешающую способность по дальности и низкую по радиальной скорости.

Напротив, длинный зондирующий импульс имеет высокую разрешающую способность по радиальной скорости и низкую по дальности.

На **рис. 2** показана функция неопределённости "кнопочного" типа, которой обычно обладает широкополосный сигнал (псевдослучайная последовательность). Такой сигнал для РЛС является оптимальным, поскольку позволяет достичь высокой разрешающей способности как по пространственным координатам, так и по скорости движения цели.

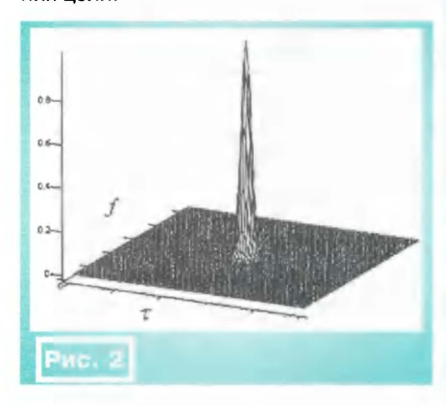


Рис. 2

В технике связи, а также в радиолокации нашли применение сигналы, предложенные в 1953 г. английским инженером Р. Баркером. Эти сигналы получались при фазовой манипуляции несущей частоты на 180° по определённому закону последовательностью прямоугольных импульсов.

Их автокорреляционная функция $Y(\tau,0)$ имела уровень боковых лепестков, равный 1/N, где N — длина кода (число символов). Но поскольку коды Баркера могли иметь лишь небольшую длину, не превышающую 13 символов, их практическая ценность была ограничена. Для РЛС же требовалось создать широкополосные сигналы большой длины с функцией неопределённости, близкой к "кнопочной" с низким уровнем боковых лепестков.

В 1954 г. С. Дарлингтоном (США) и независимо отечественным учёным Я. Д. Ширманом (1956 г.) были разработаны методы формирования и приёма сигналов с линейной частотной модуляцией. Такой импульсный сигнал конечной длительности T имеет вид:

$$s(t) = A \sin\left[\omega_0 t + \pi\Delta f\left(\frac{t^2}{T}\right)\right],$$

где A и ω — амплитуда и несущая частота сигнала, Δf — девиация частоты. База этого сигнала равна B = Δf T. В радиолокации применяются сигналы с очень большой базой B = 100...10000>>1, спектр которых имеет ширину, равную Δf, и практически прямоугольную форму.

Основополагающие правила построения одного из видов широкополосных сигналов, известных как М-последовательности или псевдослучайные бинарные сигналы максимальной длины, предложили в 1955 г. американские учёные С. Голомб и Н. Цирлер. Генератором М-последовательности являлся сдвиговый регистр, содержав-


Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

ший n элементов, с организованными определённым образом обратными связями.

Статистические тесты М-последовательности показали, что, хотя для их генерации использовался известный алгоритм, но частоты появления в них отдельных символов, пар, троек символов и т. п. на определённых позициях соответствовали закону появления этих символов в совершенно случайной последовательности.

М-последовательности являлись периодическими и имели при небольших значениях n весьма большой период, равный $N = (2^n - 1)$.

Их периодическая автокорреляционная функция имела постоянный уровень боковых лепестков, равный 1/N, а непериодическая М-последовательность длиной в период N имела уровень боковых лепестков, примерно равный $1/\sqrt{N}$. С ростом N уровень боковых лепестков уменьшался.

В 1960—1970-х годах отечественными учёными Д. Е. Вакманом и Л. Е. Варакиным [5] теория сложных сигналов была значительно расширена. Ими были разработаны конструктивные методы синтеза радиолокационных сигналов по функциям неопределённости и исследованы оптимальные формы сигналов. Эти методы используются по настоящее время.

## Развитие методов оптимального приёма сигналов

В СССР в 1946 г. академиком Владимиром Александровичем Котельниковым была создана теория потенциальной помехоустойчивости, позволявшая решать многочисленные практические задачи синтеза оптимальных устройств обработки сигналов и определения их помехоустойчивости в системах связи.

Работа В. А. Котельникова дала необходимый теоретический аппарат для решения радиолокационных задач.

Плодотворный подход к синтезу оптимальных демодуляторов, в основе которого лежали идеи В. А. Котельникова, был разработан в 1961 г. отечественными учёными И. А. Большаковым и В. Г. Репиным. Их методы были с успехом применены к большому числу проблем, связанных с радиолокацией. В частности, были разработаны когерентные и некогерентные методы приёма сигналов, приведены данные исследований методов пеленгации объектов с использованием фазированных антенных решёток и антенн со сканированием направленности и другое.

Во время Второй мировой войны в США к интенсивным работам по созданию радиолокационных систем были привлечены многие крупные учёные. Помимо Н. Винера, создавшего теорию фильтрации, интерполяции и экстраполяции сигналов, особенно значительные теоретические работы проводились в Массачусетском технологическом институте (МТИ). В 1950 г. в МТИ вышла одна из первых книг по помехоустойчивости "Пороговые сигналы", содержавшая все результаты исследований учёных института за 1940—1945 гг.

В 1950—1952 гг. на развитие в СССР исследований в этом направлении оказали публикации работ английских учёных Ф. Вудворта и И. Дейвиса по проблемам оптимального приёма радиолокационных сигналов. Дальнейшее развитие радиолокация получила в 1960 г. в книге Д. Миддлтона (США) "Введение в статистическую теорию связи" и позднее (1968 г.) — в четырёхтомнике американского учёного Г. Ван Триса, который опубликовал практически все сведения того времени по радиолокации. Книга была переведена на русский язык в 1972—1977 гг.




Структура устройства обработки зависит от вида полезного сигнала [6, 7]. На структуру влияют также тип помехового воздействия и знание параметров сигнала. Цель оптимизации — сохранение энергии полезного сигнала с тем, чтобы в момент окончания сигнала на выходе устройства обработки получить максимально возможное при данных условиях наблюдения отношение сигнал/шум (ОСШ). Обычно ОСШ оценивается в виде отношения энергии полезного сигнала к спектральной плотности мощности помехового сигнала. При рассмотрении потенциальных возможностей радиолокатора для решения задачи обнаружения в качестве помехового сигнала рассматривают внутренний шум приёмника РЛС. При этом полагают, что внутренний шум приёмника является случайным процессом, значение которого в произвольный момент времени подчиняется гауссовскому закону распределения вероятностей, а любые его сечения по оси времени не связаны друг с другом. Такой процесс в статистической радиотехнике называют белым гауссовским шумом (БГШ).

Поскольку шум — случайный процесс и предсказать его значение в любой момент времени нельзя, то при его рассмотрении используют графические методы описания, которые позволяют представить вероятность появления того или иного значения шума.

Такое представление называется плотностью вероятностей значений случайного процесса. Для БГШ плотность вероятности описывается гауссовским законом. Поэтому шум и носит название "гауссовский". Типичный вид гауссовской плотности вероятности представлен на **рис. 3**. График функции p(x) позволяет определить вероятность или иначе — среднюю частоту попадания значений шума n(t) = x в некоторый интервал [x1,x2]. Вероятность определяется как площадь под кривой p(x) на интервале от x1 до x2 (рис. 3, верхний график).

Из нижнего графика рис. 3 видно, что небольшие значения шума в окрестности нуля на интервале $[-\alpha,\alpha]$ появляются гораздо чаще, чем большие значения на интервале $[\alpha_2,\alpha_4]$.

Слово "белый" в названии шума связано по аналогии с белым светом, представляющим собой сумму монохромных колебаний всех частот с одинаковой амплитудой. Характерная особенность такого процесса — равномерность его спектральной плотности мощности N(f), т. е. спектральной характеристики сигнала, представляющей собой значения мощности колебаний в единице частотной полосы для каждого значения частоты. Такой вид спектральной плотности мощности $N_0(f)$ обусловлен тем, что мощность колебаний, составляющих БГШ, на всех частотах (гармониках) одинакова.

В результате для БГШ справедливо соотношение

$N(f) = N_0 = const$,

которое имеет место для всех частот $f \in [0,\infty]$.

На практике спектральная плотность мощности собственного шума приёмника может быть определена из соотношения

$N_0 = k_ш k_0 T_0$ (Вт/Гц),

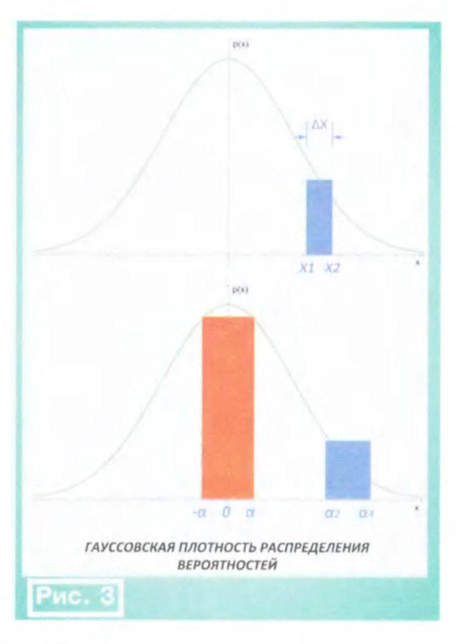
где $k_ш$ — коэффициент шума приёмника; $k_0 = 1{,}38 \cdot 10^{-23}$ (Дж/К) — постоянная Больцмана; $T_0$ — температура окружающей среды, (К).

Зная ширину полосы частот $\Delta f_{прм}$ приёмного тракта, можно вычислить среднюю мощность шума, действующую на входе приёмника:

$P_ш = N_0 \Delta f_{прм} = k_ш k_0 T_0 \Delta f_{прм}$ (Вт).

Например, для приёмника с коэффициентом шума 5 и полосой частот входного тракта 100 МГц при температуре 300 К получим значение мощности шума $2 \cdot 10^{-12}$ Вт.

К модели в виде БГШ можно привести любое помеховое воздействие, если из физических соображений можно предположить, что полоса частот, зани-




ГАУССОВСКАЯ ПЛОТНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ

Рис. 3

маемая помеховым воздействием, больше, чем полоса пропускания приёмника РЛС.

Помимо знаний, что представляет собой шум, для оптимизации устройства обработки сигналов необходимо также знать, что представляет собой принимаемый полезный сигнал. При этом основополагающей операцией оптимальной процедуры обработки будет следующая последовательность действий:

1. Перемножение в каждый момент времени текущей реализации y(t) с копией полезного сигнала s(t);

2. Накопление (суммирование) полученных произведений в течение времени обработки T.

Практическая реализация этой оптимальной процедуры возможна с помощью двух устройств обработки — так называемых коррелятора (корреляционного приёмника) и согласованного фильтра, которые позволяют в момент окончания действия сигнала (в момент окончания времени наблюдения T) при условии, что сигнал наблюдается на фоне БГШ, обеспечить на своём выходе максимально возможное ОСШ, равное $2E_C/N_0$.

Название "коррелятор" (корреляционный приёмник) обусловлено тем, что в случае отсутствия во входном колебании шумов выходной сигнал этого устройства представляет собой не что иное, как функцию взаимной корреляции входного и опорного сигналов, т. е. функцию, которая в каждый момент времени показывает, насколько связаны (насколько похожи) между собой перемножаемые сигналы.

Название "согласованный фильтр" обусловлено тем, что это устройство обработки подбирается с учётом конкретных знаний о спектральных свойствах обрабатываемого сигнала. В этой связи такие характеристики согласованного фильтра, как амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики выбираются, сообразуясь со знанием амплитудно-частотного и фазочастотного спектров обрабатываемых сигналов. Если обычные линейные фильтры, используемые в радиотехнике, предназначены для пропускания через себя сигналов без искажений их формы, то согласованный фильтр, относящийся также к категории линейных фильтров, призван для получения на своём выходе максимально возможного ОСШ, равного $2E_C/N_0$. Форма же сигнала на его выходе отличается от формы сигнала на входе.

Наличие последующих этапов обработки зависит от полноты информации о полезном сигнале. В частности, при наличии полной информации о сигнале (неизвестно лишь время прихода) оптимальный процесс обработки будет включать отмеченные две операции — перемножение и накопление.

В этом случае структурную схему обнаружителя полностью известного сигнала, опираясь на два варианта реализации устройства оптимальной обработки, можно представить в виде, показанном на **рис. 4**. Значение порогового уровня $U_п$ выбирается в соответствии с критерием Неймана-Пирсона и определяется по величине вероятности ложной тревоги $P_{лт}$.

При наличии в сигнале неизвестной информации операция оптимальной обработки будет дополняться очередным этапом, назначением которого является устранение влияния неопределённости на результат обработки. В частности, при осуществлении радиолокационного наблюдения практически всегда в начальный момент времени неизвестна дальность до наблюдаемой цели. Это незнание приводит к появлению в отражённом сигнале случайной начальной фазы $\varphi_0$, равной $4\pi Д_0/\lambda$, где $Д_0$ — дальность до цели в начальный момент времени, $\lambda$ — длина волны зондирующего сигнала.

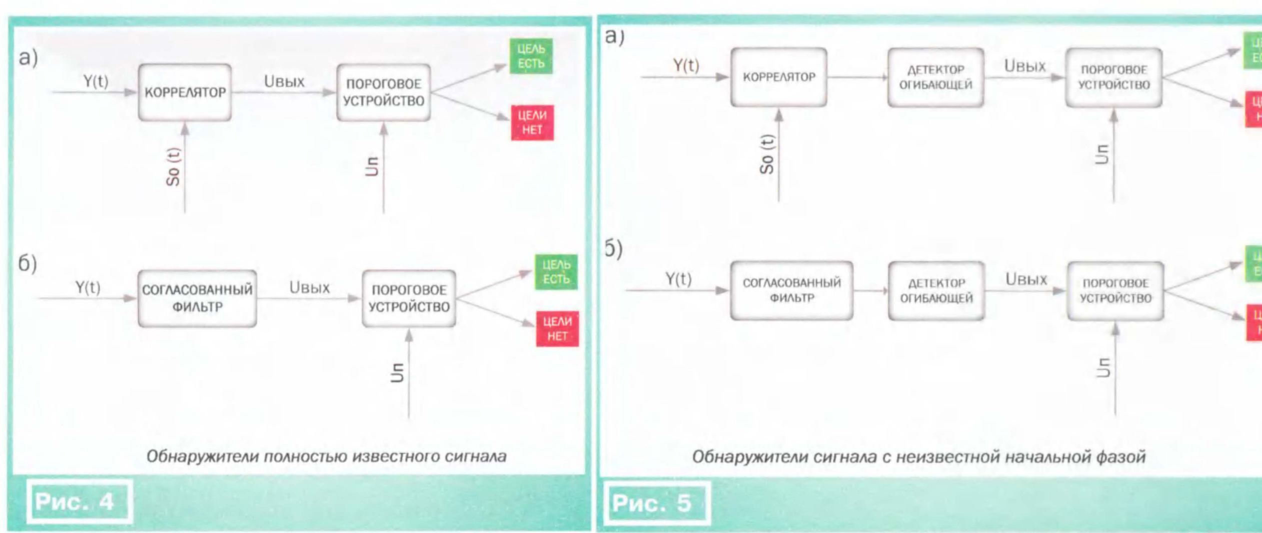
Устранение такого незнания на практике возможно как программными, так и аппаратными средствами. В первом случае необходимо вычислить модуль результата накопления произведений. Во втором — необходимо выделить огибающую выходного сигнала накопителя, используя устройство, именуемое детектором огибающей. Структурную схему обнаружителя для этого случая с учётом двух возможных вариантов реализации устройств оптимальной обработки можно представить в виде, приведённом на **рис. 5**.

Из представленных структур обнаружителей следует, что на пороговое устройство, выполняющее функцию устройства принятия решения, подаётся сигнал с выхода детектора огибающей, который устраняет воздействие случайного фактора в виде незнания случайной начальной фазы принимаемого сигнала на итоговый результат по принятию решения об обнаружении цели.

Значение же порогового уровня $U_п$, как и в предыдущем случае, выбирается в соответствии с критерием Неймана-Пирсона и определяется по величине вероятности ложной тревоги $P_{лт}$.

В радиолокации, как правило, используются импульсные зондирующие сигналы. Причём используются два типа импульсных сигналов — когерентные и некогерентные. При использовании первых — закон изменения фазы от импульса к импульсу известен. Во втором — фазы импульсов последовательности изменяются независимо друг от друга. При отражении импульсных зондирующих сигналов от целей на вход РЛС поступает ограниченное число импульсов излучённой последовательности, которую называют "пачкой радиоимпульсов". Поэтому в РЛС обрабатываются отражённые сигналы в виде пачек радиоимпульсов. В этом случае процесс обработки может быть разбит на два, которые условно называют "внутриимпульсный" и "межимпульсный" (межпериодный). При внутриимпульсной обработке операции умножения и накопления выполняют в течение интервала времени, равного длительности отдельного импульса пачки $t_и$. Межимпульсная (межпериодная) обработка заключается в последующем суммировании (накоплении) результатов внутриимпульсной обработки в течение времени, равного длительности всей пачки радиоимпульсов ($T = T_{пачки}$).

Структура системы обработки когерентных и некогерентных пачек радиоимпульсов, а следовательно, и обнаружителей сигналов будет отличаться.



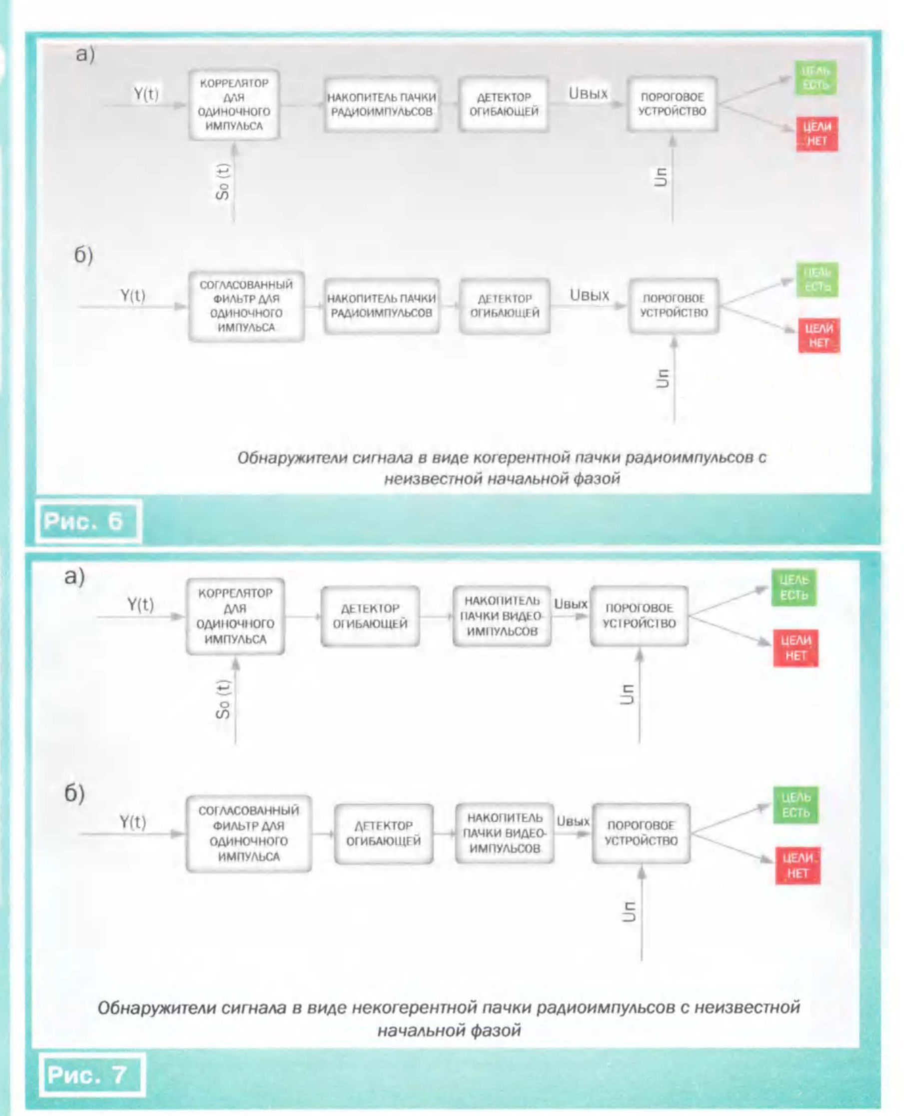

*Обнаружители полностью известного сигнала*

**Рис. 4**

*Обнаружители сигнала с неизвестной начальной фазой*

**Рис. 5**

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru




*Обнаружители сигнала в виде когерентной пачки радиоимпульсов с неизвестной начальной фазой*

**Рис. 6**



*Обнаружители сигнала в виде некогерентной пачки радиоимпульсов с неизвестной начальной фазой*

**Рис. 7**

Поскольку в когерентной последовательности известен закон изменения фазы от импульса к импульсу, то такой сигнал можно рассматривать как некий протяжённый радиосигнал, длительность которого равна длительности пачки $T_{пачки}$. В этом случае структура обнаружителей будет похожа на структуру, показанную на рис. 5, в которой необходимо учесть потребность во внутриимпульсной и межимпульсной (межпериодной) обработках. С учётом этого варианты структурных схем обнаружителей для когерентных пачек радиоимпульсов можно представить в виде, показанном на **рис. 6**.

Внутриимпульсная обработка выполняется коррелятором (согласованным фильтром), который настроен на приём отдельного импульса принимаемой пачки. Накопитель пачки радиоимпульсов в структуре обнаружителя совместно с детектором огибающей выполняет функции устройства межимпульсной обработки.

При этом в случае реализации обнаружителя на согласованном фильтре совокупность устройств на структурной схеме в виде согласованного фильтра одиночного импульса и накопитель радиоимпульсов образуют вместе согласованный фильтр пачки радиоимпульсов.

В некогерентной пачке изменение фазы каждого отдельного импульса происходит независимо друг от друга. Это не позволяет рассматривать её как некий один протяжённый радиосигнал. Поэтому при обнаружении цели по отражённому сигналу в виде некогерентной пачки необходимо первоначально устранить влияние на результат принятия решения об обнаружении случайного изменения фазы каждого импульса пачки, а затем осуществлять накопление энергии всей пачки. Учитывая это, структурные схемы обнаружителей некогерентных пачек радиоимпульсов можно представить в виде, показанном на **рис. 7**.

Внутриимпульсная обработка в этих вариантах обнаружителей выполняется совместно коррелятором (согласованным фильтром) и детектором огибающей, межпериодная (межимпульсная) — накопителем пачки видеоимпульсов, поскольку после выделения огибающей радиоимпульсов информация о высокочастотном заполнении импульсов теряется и происходит преобразование исходных импульсов в видеоимпульсы (импульсы без несущей). Принятие решения об обнаружении, как и в обнаружителях когерентной пачки радиоимпульсов, осуществляется по окончании времени наблюдения T (по окончании длительности пачки). Значение порогового уровня $U_п$ в рассмотренных обнаружителях, как и ранее, выбирается в соответствии с критерием Неймана-Пирсона и определяется по значению вероятности ложной тревоги $P_{лт}$.

При наблюдении полезного сигнала на фоне помеховых сигналов, которые нельзя считать БГШ, к операции обработки добавляется ещё один этап, в процессе выполнения которого осуществляется преобразование помехового сигнала в сигнал типа БГШ. Устройство, которое реализует такое преобразование, обычно называют "обеляющим" фильтром. Это устройство в структуре обнаружителя обычно устанавливают перед устройствами внутриимпульсной обработки. Поскольку после процедуры "выбеливания" характеристики выходного шума становятся близки характеристикам БГШ, то последующие элементы обнаружителя остаются аналогичными, рассмотренными ранее.

В частности, структурную схему обнаружителя полностью известного сигнала, наблюдаемого на фоне небелых шумов, можно представить в виде, приведённом на **рис. 8**.

### Выводы

Таким образом, структура устройства обработки сигналов, а, следовательно, и обнаружителя наблюдаемых целей зависит от типа используемого сигнала и полноты информации о его параметрах. Наличие неизвестных параметров в принимаемых сигналах приводит к необходимости введения в процесс обработки операций, устраняющих отсутствие информации о неизвестных параметрах сигналов.

При обнаружении отражённых сигналов от целей на фоне небелых шумов дополнительной операцией обработки является "выбеливание" шумов.

Выбор значения порога срабатывания порогового устройства осуществляется, опираясь на критерий Неймана-Пирсона, и устанавливается в соответствии с заданным значением вероятности ложной тревоги $P_{лт}$.

### Определение показателей обнаружения радиолокационных целей

На рис. 3 затенённые области соответствуют площадям фигур, основаниями которых являются отрезки [x1,x2], $[-\alpha,\alpha]$, $[\alpha_2,\alpha_4]$.

В соответствии с геометрическим смыслом вероятностей численные значения площадей прямоугольников определяют вероятности попадания случайной величины X в указанные интервалы.

В нашем случае в роли случайной величины X выступает выходное напряжение $U_{вых}$ системы обработки обнаружителя. При этом событие "ложная тре-




*Обнаружители полностью известного сигнала, наблюдаемого на фоне небелых шумов*

**Рис. 8**

вога" наступает тогда, когда при поступлении на вход обнаружителя только одних шумов в момент окончания наблюдения T напряжение $U_{вых}$ превысит установленный порог $U_п$. Если превышение порога не произошло, то это говорит о наступлении события "правильное необнаружение".

В случае, когда на вход обнаружителя поступает смесь полезного сигнала и шума $y(t) = s(t) + n(t)$, превышение выходным напряжением $U_{вых}$ установленного порога $U_п$ в момент окончания наблюдения T говорит о наступлении события "правильное обнаружение". Если в этой ситуации превышение порога по окончании времени наблюдения T не происходит, то это свидетельствует о наступлении события "пропуск цели".

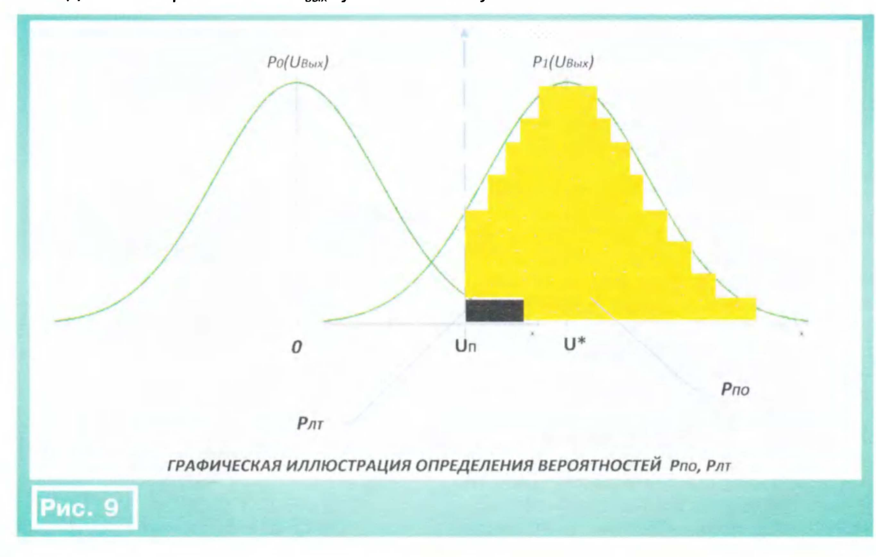
Следовательно, если отталкиваться от геометрического смысла вероятности, то для определения вероятностей правильного обнаружения и ложной тревоги необходимо знать две плотности вероятности выходного напряжения $U_{вых}$ — в случае, когда на входе обнаружителя действует только шум, и в случае, когда на входе обнаружителя действуют совместно полезный сигнал и шум.

Обозначим эти плотности как $p_0(U_{вых})$ и $p_1(U_{вых})$. При этом индекс "0" будет обозначать, что плотность вероятностей выходного напряжения получена при действии на входе обнаружителя только шума, а индекс "1" — плотность вероятности при действии на входе обнаружителя полезного сигнала и шума.

Считаем, что задача обнаружения решается в условиях полного знания информации о полезном сигнале, а шум наблюдения является БГШ. В этой ситуации для обнаружения цели могут быть использованы структурные схемы, приведённые на рис. 4.

Следовательно, выходной величиной $U_{вых}$ является напряжение на выходе коррелятора или согласованного фильтра.

В этих условиях плотности вероятности $p_0(U_{вых})$ и $p_1(U_{вых})$ величины $U_{вых}$ будут описываться гауссовой кривой, каждая из которых будет обладать своими параметрами распределения.




*ГРАФИЧЕСКАЯ ИЛЛЮСТРАЦИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ Pпо, Pлт*

**Рис. 9**

Поскольку плотность $p_0(U_{вых})$ определяется, когда на входе обнаружителя действует только шум, то параметры этой плотности будут зависеть только от параметров входного шума. Причём вследствие действия шумов величина $U_{вых}$ может принимать любое значение относительно значения, равного нулю, из интервала $3\sigma$.

В свою очередь, плотность вероятности $p_1(U_{вых})$ определяется, когда на входе обнаружителя действуют известный сигнал и шум. При этом, как и в предыдущем случае, воздействие шума будет определять разброс значений $U_{вых}$ (протяжённость функции $p_1(U_{вых})$ по шкале $U_{вых}$). Уровень же полезного сигнала s(t) будет определять смещение положения максимума гауссовой кривой по шкале $U_{вых}$.

С учётом сказанного, можно графически представить соответствующие плотности вероятности $p_0(U_{вых})$ и $p_1(U_{вых})$ выходного напряжения $U_{вых}$ в виде, приведённом на **рис. 9**.

На этом рисунке приведено значение $U_{вых}$, соответствующее точке максимума U* для плотности $p_1(U_{вых})$, а также показано значение напряжения, соответствующее величине порога $U_п$. Кроме того, заливкой представлены площади прямоугольников, численные значения которых соответствуют вероятности правильного обнаружения $P_{по}$ (светлая заливка) и ложной тревоги $P_{лт}$ (чёрная заливка).

Из рисунка видно, что вероятности правильного обнаружения соответствует площадь фигуры, образованной осью абсцисс и кривой $p_1(U_{вых})$, которая располагается справа от вертикальной прямой, выходящей из точки $U_п$ (значения выходного напряжения, соответствующего порогу). А вероятности ложной тревоги — площадь фигуры, образованной осью абсцисс и кривой $p_0(U_{вых})$, которая также располагается справа от вертикальный прямой, выходящей из точки $U_п$.

Всё вышесказанное можно представить в форме математических выражений:

$$P_{лт} = S_0(p_0(U_{вых}), U_п), \quad (1)$$

$$P_{по} = S_1(p_1(U_{вых}), U_п, 2E_c/N_0). \quad (2)$$

Из выражения (1) следует, что вероятность $P_{лт}$ численно равна площади $S_0$ фигуры под кривой $p_0(U_{вых})$, располагаемой справа относительно вертикальной прямой, выходящей из точки $U_{вых} = U_п$. Следовательно, при заданной величине параметра $\sigma$, определяющей протяжённость плотности вероятности $p_0(U_{вых})$ по оси $U_{вых}$, вероятность ложной тревоги будет целиком определяться значением пороговой величины $U_п$.

Аналогично из (2) следует, что вероятность $P_{по}$ численно равна площади $S_1$ фигуры под кривой $p_1(U_{вых})$, расположенной справа относительно вертикальной прямой, выходящей из точки $U_{вых} = U_п$. Причём вероятность правильного обнаружения при фиксированной величине порога (заданной величине вероятности ложной тревоги) будет целиком зависеть от отношения сигнал/шум. Это отношение будет определять смещение функции $p_1(U_{вых})$ вдоль оси $U_{вых}$ относительно точки $U_{вых} = U_п$, а

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

следовательно, и площадь $S_1$, численное значение которой определяет вероятность правильного обнаружения $P_{по}$.

Обычно в качестве отношения сигнал/шум рассматривают отношения энергии сигнала $E_c$ к спектральной плотности мощности $N_0$ внутренних шумов приёмника $P_{ЛС}$.

## Выводы: показатели качества обнаружения

Таким образом, для определения показателей качества решения задачи обнаружения — вероятностей правильного обнаружения $P_{по}$ и ложной тревоги $P_{лт}$, необходимо обладать информацией о законах, описывающих характер поведения плотности вероятности появления мгновенных значений выходного напряжения системы обработки обнаружителя.

Такая информация должна рассматриваться в двух ситуациях — при воздействии на входе обнаружителя только шума и при воздействии на входе обнаружителя совокупности полезного сигнала и шумов.

Вероятность ложной тревоги полностью зависит от параметров шумового воздействия и не зависит от параметров полезного сигнала.

На вероятность правильного обнаружения оказывают влияние как параметры шума, так и полезного сигнала. Это влияние характеризуется относительной величиной, называемой отношением сигнал/шум и представляющей собой отношение энергии полезного сигнала $E_c$ к спектральной плотности мощности $N_0$ шумов наблюдения.

## Характеристики обнаружения радиолокационных устройств

Для сравнения различных $P_{ЛС}$ между собой при решении ими задач обнаружения используют так называемые характеристики обнаружения.

При этом под характеристиками обнаружения понимают семейство кривых, которые отображают зависимость вероятности правильного обнаружения $P_{по}$ от отношения сигнал/шум при фиксированном значении вероятности ложной тревоги $P_{лт}$.

Поскольку в радиолокаторе задачу обнаружения решает обнаружитель РЛС, то под сравнением РЛС понимают сравнение их обнаружителей.

Характеристики обнаружения строят под конкретные условия радиолокационного наблюдения — под конкретный вид радиолокационного сигнала и шума наблюдения.

В зависимости от условий меняются схемы обработки принимаемого сигнала, а следовательно, и структура обнаружителя. Когда схема обнаружителя выбрана, это значит, что известны законы, описывающие плотности вероятностей $p_1(U_{вых})$, $p_0(U_{вых})$, можно, опираясь на (1) и (2), определить значения $P_{по}$ и $P_{лт}$.

Для построения характеристик обнаружения, определяемых в виде соотношения

$P_{по} = f(2E_c/N_0,\ P_{лт} \le P_{лт\ зад})$,

где $P_{лт\ зад}$ — заданное значение вероятности ложной тревоги, поступают следующим образом.

В соответствии с критерием Неймана-Пирсона фиксируют требуемую величину ложной тревоги. Исходя из выражения (1), по зафиксированному значению $P_{лт}$ находят значение $U_п$.

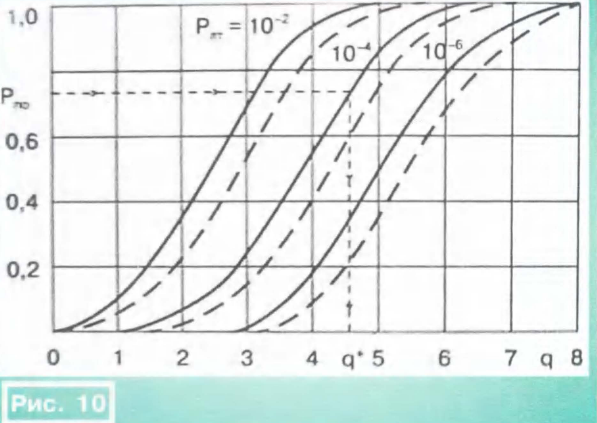



Рис. 10

Далее подставляют $U_п$ в выражение (2) и, задаваясь конкретным значением отношения $2E_c/N_0$, подставляют его в (1) и вычисляют новое значение вероятности $P_{по}$ и т. д.

Полученные значения вероятности правильного обнаружения при заданном значении вероятности ложной тревоги фиксируют в координатах $P_{по}$—q и получают кривую, определяющую характер изменения вероятности правильного обнаружения от отношения сигнал/шум при фиксированной вероятности ложной тревоги.

Затем выбирают следующее значение вероятности ложной тревоги и, исходя из соотношения (1), находят новое значение порога. Найденное значение порога подставляют в выражение (2) и, меняя и значение отношения сигнал/шум, получают значение $P_{по}$. В результате итераций строят зависимость, показывающую, как изменяется вероятность правильного обнаружения от отношения сигнал/шум при различных значениях вероятности ложной тревоги. Получают семейства кривых — характеристики обнаружения. На **рис. 10** [6] приведены характеристики обнаружения для двух условий. Сплошные линии — случаи обнаружения полностью известного сигнала на фоне БГШ, а штриховые — обнаружение полезного сигнала с неизвестными параметрами в этих же условиях.

## Выводы: характеристики обнаружения

Таким образом, под характеристиками обнаружения понимают функциональную зависимость вероятности правильного обнаружения от отношения сигнал/шум при фиксированном (заданном) значении вероятности ложной тревоги.

Характеристики обнаружения позволяют сравнить между собой различные РЛС по эффективности решения задачи обнаружения целей.

Характеристики обнаружения позволяют определить минимально необходимое значение отношения сигнал/шум (пороговое отношение сигнал/шум), при котором обеспечивается обнаружение цели с заданным качеством (с требуемыми значениями показателей $P_{по}$, $P_{лт}$).

Опираясь на характеристики обнаружения, можно по заданному значению порогового отношения сигнал/шум найти необходимые для решения задачи обнаружения показатели качества её решения в виде вероятностей правильного обнаружения и ложной тревоги.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Серопегин В.** Радиолокация: идеи и методы. — Радио, 2023, № 1, с. 8—15.
2. **Тихонов В. И.** Статистическая радиотехника. — М.: Советское радио, 1966.
3. **Фомичев К. И.** История радиолокации/Современная радиоэлектроника. Под ред. В. П. Борисова и В. М. Родионова. — М.: Наука, 1993.
4. **Быховский М. А.** Развитие телекоммуникаций. На пути к информационному обществу. Развитие радиолокационных систем. — М.: Горячая линия — Телеком, 2015.
5. **Варакин Л. Е.** Теория сложных сигналов. — М.: Советское радио, 1970.
6. **Финкельштейн М. И.** Основы радиолокации. — М.: Радио и связь, 1983.
7. **Бакулев П. А.** Радиолокационные системы. — М.: Радиотехника, 2015.

МОДУЛЬНАЯ РЕКЛАМА

Разработка программ для микроконтроллеров STM32, ATmega и других на заказ:

Сбор данных, передача на сервер, управление, свет, звук, CAN и LIN, генерация сигналов, измерения и т. д.

E-mail: micro51@mail.ru

т. +7-912-619-5167

* * *

**Для Вас, радиолюбители!**

РАДИО элементы, материалы, корпуса, наборы — наложенным платежом. Каталог по запросу.

**426072, г. Ижевск, а/я 1333.**

ИП Зиннатов Р. К.

rtc-prometej@yandex.ru

WhatsApp /тел. 8-912-443-11-24

# НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

***Раздел ведёт В. ШЕПТУХИН (R5GF), г. Липецк***

## РОССИЯ

**БЕЛГОРОДСКАЯ ОБЛ.** В Белгородской области создана информационная радиостанция для участвующих в специальной военной операции военнослужащих и жителей приграничных населённых пунктов. Как сообщили "Ъ" в пресс-службе губернатора Белгородской области Вячеслава Гладкова, Z-FM ("Фронтовое радио") вещает в регионе на частоте 105,2 МГц. Кроме областного центра, радиостанция будет вещать ещё в Муроме (100 МГц), Губкине (91,7 МГц), Ровеньках (91,4 МГц), Борисовке (90,1 МГц), Валуйках (90 МГц), Волоконовке (88,1 МГц), Ивне (99,1 МГц), Короче (99,2 МГц), Красном (90,3 МГц), Алексеевке (93,6 МГц) и Новом Осколе (95,2 МГц). Общий запланированный охват — более 1 млн слушателей (источник — URL: **https://www.kommersant.ru/doc/5718266** (23.12.22)).

**ЕВРЕЙСКАЯ АВТОНОМНАЯ ОБЛ.** 21 ноября 2022 г. вещание "Радио Дача" стартовало в г. Биробиджане. Частота вещания — 105,3 МГц, охват населения — 79,4 тыс. человек. Лицензия на осуществление радиовещания принадлежит Krutoy Media (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/9966.htm** (23.12.22)).

**ИРКУТСКАЯ ОБЛ.** УКВ эфир г. Иркутска представлен следующими радиостанциями:

— 87,6 МГц — "Русское радио";
— 88,1 МГц — "Радио Маяк";
— 88,5 МГц — "Радио Вера";
— 88,9 МГц — "Наше радио";
— 89,3 МГц — "Радио Мир";
— 89,8 МГц — "Радио Звезда";
— 90,3 МГц — Comedy Radio;
— 90,7 МГц — "Детское радио";
— 91,1 МГц — "Дорожное радио";
— 91,5 МГц — "Комсомольская правда;
— 100,9 МГц — "Радио 7";
— 102,1 МГц — "Радио МСМ";
— 102,6 МГц — "Новое радио";
— 103,1 МГц — "Радио Искатель";
— 103,8 МГц — "Европа плюс";
— 104,2 МГц — Love Radio;
— 104,6 МГц — "Ретро FM";
— 105 МГц — "Радио России";
— 105,6 МГц — "Радио Шансон";
— 106 МГц — "Юмор FM";
— 106,4 МГц — NRJ;
— 107,1 МГц — "Авторадио";
— 107,5 МГц — "Радио Дача"

(источник — URL: **https://vk.com/radioschoolru?w=wall-52064362_94351** (23.12.22)).

**КАЛИНИНГРАДСКАЯ ОБЛ.** 1 декабря 2022 г. в Калининградской области был завершён совместный проект ВГТРК и РТРС по модернизации сети вещания радиоканала "Радио России". В эксплуатацию были введены четыре новых передатчика мощностью 0,5 кВт в следующих населённых пунктах: г. Краснознаменск (частота вещания — 90 МГц), Нестеровский р-н, п. Калинино (частота вещания — 90,5 МГц), Правдинский р-н, п. Железнодорожный (частота вещания — 96,1 МГц), г. Мамоново (частота вещания — 92,2 МГц). Благодаря установке дополнительных передатчиков "Радио России" могут принимать около 115 тыс. человек в приграничных районах области. Охват населения региона вещанием радиоканала "Радио России" в УКВ-диапазоне увеличился до 100 % (источник — URL: **https://kaliningrad.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-i-vgtrk-zavershili-proekt-modernizatsii-seti-radioveshchaniya-radio-rossii/** (23.12.22)).

**КАЛУЖСКАЯ ОБЛ.** 1 декабря 2022 г. на частоте 99,7 МГц зазвучало "Радио Дача" в г. Кирове. Охват населения — 29,9 тыс. человек (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/10024.htm** (23.12.22)).

**КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ**. 1 декабря 2022 г. в Туапсе заработало "Радио Дача" на частоте 90,2 МГц. Потенциальная аудитория радиостанции — 69,3 тыс. человек (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/10024.htm** (23.12.22)).

**КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ**. УКВ эфир города Красноярска представлен следующими радиостанциями:

— 92,7 МГц — Comedy Radio;
— 93,5 МГц — "Новое Радио";
— 94 МГц — "Вести FM";
— 94,5 МГц — "Радио России";
— 95 МГц — Like FM;
— 95,4 МГц — "Радио Вера";
— 95,8 МГц — "Радио Сибирь";
— 96,2 МГц — "Красноярск FM";
— 96,6 МГц — "Радио Звезда";
— 97 МГц — "Детское радио";
— 97,4 МГц — "Радио Мир";
— 97,8 МГц — "Радио 7";
— 98,2 МГц — "Юмор FM";
— 98,7 МГц — "Ретро FM";
— 99,1 МГц — "Радио 99,1 FM";
— 100,3 МГц — "Радио Рекорд";
— 100,8 МГц — "Дорожное радио";
— 101,3 МГц — Love Radio;
— 101,7 МГц — "Радио Шансон";
— 102,2 МГц — "Серебряный дождь";
— 102,8 МГц — "Красноярск главный";
— 103,3 МГц — NRJ;
— 103,8 МГц — "Европа Плюс";
— 104,2 МГц — Business FM;
— 104,6 МГц — "Радио Дача";
— 105,2 МГц — "Авторадио";
— 105,8 МГц — "Русское Радио";
— 106,6 МГц — "Радио Маяк";
— 107,1 МГц — "Комсомольская правда"

(источник — URL: **https://vk.com/radioschoolru?w=wall-52064362_94357** (23.12.22)).

**МОСКОВСКАЯ ОБЛ.** 14 ноября 2022 г. на частоте 101,3 МГц в подмосковных Луховицах стартовало вещание радиостанции "Хит FM". Мощность передающего оборудования не поменялась — 490 Вт, приём сигнала из Луховиц возможен на территории Коломны, где ранее "Хит FM" транслировался на частоте 98,2 МГц, а также Зарайска (источник — URL: **https://vk.com/tvradiomsk?w=wall-194965312_4837** (23.12.22)).

Сеть УКВ-вещания "Радио России" в Московской области расширилась за счёт ещё двух объектов вещания РТРС на юге и юго-востоке региона. В Ступинском районе вещание стартовало на частоте 90,1 МГц, трансляция осуществляется в режиме моно. Передатчик установлен на объекте вещания РТРС в деревне Алфимово. С него также осуществляется трансляция двух цифровых мультиплексов на 59 ТВК (РТРС-1) и 58 ТВК (РТРС-2). Мощность передающего оборудования составляет 100 Вт. Приём возможен на территории городских округов Кашира, Коломна, Серпухова и Зарайского района Московской области. В Егорьевске "Радио России" можно услышать на частоте 103,3 МГц, звук также в режиме моно. Передающее оборудование было установлено на объекте РТРС в деревне Кузьминки, с которого также транслируются мультиплексы РТРС-1 и РТРС-2 на 53 ТВК и 56 ТВК соответственно. Мощность передатчика также составляет 100 Вт. В зону возможного приёма входят Воскресенский и Луховицкий районы, городские округа Шатура и Коломна, а также Орехово-Зуевский городской округ. Напомним, что в первой половине ноября в Серпухове было запущено вещание "Радио России" на частоте 97,8 МГц с передатчика мощностью 100 Вт (источник — URL: **https://vk.com/tvradiomsk?w=wall-194965312_4875** (23.12.22)).

**ОРЕНБУРГСКАЯ ОБЛ.** "Наше Радио" с 24 ноября 2022 г. теперь можно слушать и в г. Оренбурге, частота вещания в этом областном центре — 88,9 МГц. Численность потенциальных слушателей радиостанции в этом городе составляет около 544 тыс. человек (источник — URL: **https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__84621/** (23.12.22)).

"Новое радио" в Бузулуке — настраивайте приёмники на частоту 102,7 МГц, чтобы окунуться в мир ярких ведущих, мегакрутых хитов и новинок (источник — URL: **https://buzulukinform.ru/news/technologis/novoe_radio_v_buzuluke/** (23.12.22)).

**ПЕРМСКИЙ КРАЙ**. Пермский медиахолдинг "Магма" запустил в Перми вещание радиостанции "Серебряный дождь", об этом сообщили в медиахолдинге. Местные эфирные окна (новости и программы) появились на частоте 98,9 МГц 1 декабря 2022 г. Медиагруппа "Магма" объединила СМИ бывшего холдинга "Местное время". В начале 2021 г. СМИ были приобретены структурами, близкими к краевым властям. В состав группы, помимо радиостанции "Серебряный дождь", входят пермская газета "Звезда", радиостанция "Радио Sputnik Пермь" (ранее "Эхо Перми"), деловое издание "Капитал Weekly" и портал "В курсе.ру". В составе холдинга также вещает радиостанция "Звезда" (с вещанием в Перми и Березниках), "Серебряный дождь" начал веща-

---

***Примечание**. Время всюду — UTC. Время MSK = UTC + 3 ч.*


Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

ние в Перми в мае 2010 г. В сентябре 2016 г. станция приостановила эфир из-за того, что региональный партнёр в Перми не выполнил принятые на себя обязательства. Радиостанция "Серебряный дождь" в Екатеринбурге вошла в состав пермского медиахолдинга "Магма" в ноябре 2022 г. Компания запустила вещание в Екатеринбурге с 15 ноября (источник — URL: **https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__84617/** (23.12.22)).

9 декабря 2022 г. в Перми появилась радиостанция Like FM на частоте 93,1 МГц. Она рассчитана на широкую аудиторию молодых активных людей, для которых важно быть не только в курсе последних трендов в отечественной и зарубежной музыке, но иметь возможность высказывать своё отношение к тому или иному исполнителю и быть при этом услышанным (источник — URL: **https://vk.com/vcfm2014?w=wall-62613163_19888** (23.12.22)).

**РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ**. В карельской столице на частоте 95 МГц начала вещание одна из самых популярных радиостанций России — "Радио Рекорд". Планируется семь часов местного эфира в неделю. Вещанием в Петрозаводске занимается молодая и амбициозная компания "Партнёр медиа", уже известная в Карелии по "Радио 10" и "ПИ ФМ" (источник — URL: **https://tele-satinfo.ru/index.php?id=16269** (23.12.22)).

**РЕСПУБЛИКА УДМУРТИЯ**. 7 декабря 2022 г. филиал РТРС "Удмуртский РРТПЦ" начал трансляцию радиостанции Like FM в Ижевске. Трансляция ведётся на частоте 88 МГц. Передатчик мощностью 1 кВт охватывает сигналом Ижевск и Завьяловский район, частично Якшур-Бодьинский, Воткинский, Малопургинский и Сарапульский районы. Сигнал доступен для 672,5 тыс. слушателей. Высота подвеса антенны — 121 м. По словам директора Удмуртского радиотелецентра РТРС Татьяны Тихоненко, мощным драйвером для развития эфирного радиовещания стал переход на "цифру". Разветвлённая сеть цифровых передающих станций РТРС позволяет монтировать на них УКВ-радиопередатчики. Отключение аналогового вещания в 2019 г. открыло возможности для запуска новых радиостанций. Особенно это актуально для крупных городов, где частотный ресурс к тому времени был полностью исчерпан. Сегодня во многих регионах есть условия для того, чтобы вывести УКВ-трансляцию на новый уровень, увеличить число станций в эфире, чтобы каждый слушатель нашёл своё радио (источник — URL: **https://udmurtiya.rtrs.ru/prof/rtrs-region/newspaper/rtrs-zapustil-fm-translyatsiyu-novoy-radiostantsii-v-izhevske/** (23.12.22)).

**СВЕРДЛОВСКАЯ ОБЛ.** 1 декабря 2022 г. Российская телевизионная и радиовещательная сеть запустила новую радиопрограмму "Воскресение" в г. Каменске-Уральском. Вещание программы ведётся с радиотелевизионной передающей станции в п. Мартюш. Послушать радиостанцию можно на частоте 90,3 МГц в УКВ-диапазоне. Программа транслируется ежедневно и круглосуточно. В зоне охвата радиосигналом проживают более 223 тыс. человек. Мощность передатчика — 0,5 кВт (источник — URL: **https://ekburg.rtrs.ru/tv/analog/sverdlovskiy-filial-rtrs-zapustil-fm-translyatsiyu-radio-voskresenie-v-kamenske-uralskom/** (23.12.22)).

## ЗАРУБЕЖНОЕ ВЕЩАНИЕ

**Отключение УКВ-ЧМ-вещания в Норвегии и скоро в Швейцарии.**

В 2017 г. Норвегия отключила свои услуги УКВ-ЧМ-радио, заставив норвежцев настроиться на DAB+. В 2024 г. Швейцария собирается отключить свои собственные УКВ-ЧМ-радиостанции, что заставит швейцарцев использовать DAB+ и для эфирного радио. Влияние этих отключений FM на домашнее коммерческое радио было изучено во время саммита WorldDAB Summit 2022. Он был проведён WorldDAB — глобальным отраслевым форумом цифрового радио DAB в лондонском Кинг-плейс и онлайн 17 ноября 2022 г. На сессии, озаглавленной "Норвегия 5 лет спустя и Швейцария 2024", генеральный директор Digital Radio Norway Оле Йорген Торвмарк спросил об этих отключениях Кеннета Андресена из Норвегии (вице-президент и глава радио в Viaplay Group, также известной как P4 Group) и Никола Бомио из Швейцарии (руководитель радио в CH Media).

**Своевременный шаг для Норвегии.** P4 Group приветствовала переход на DAB+ пять лет назад из-за расходов на УКВ-ЧМ-вещание на пересечённой местности Норвегии, поскольку DAB+ потребляет меньше энергии и, следовательно, дешевле. Переход на DAB+ в 2017 г. был особенно своевременным, потому что "мы были в то время, когда нам нужно было бы вложить значительные средства в сеть УКВ-ЧМ, чтобы она продолжала работать", — сказал Андресен. В то же время переход на DAB+ дал P4 Group возможность открывать новые станции, расширяя при этом общий охват сельских районов, недостаточно охваченных УКВ-ЧМ-вещанием, — все эти шаги повысили привлекательность этого вещателя для норвежских слушателей. С нашей точки зрения, переход на DAB+ был стратегическим решением для защиты нашего бизнеса и сохранения позиций радио в Норвегии на многие годы вперёд", — сказал Андресен. "Будучи коммерческим предприятием, нам нужно было больше станций в сельской местности и больше предложений для более молодой аудитории".

**Аналогичный случай для Швейцарии.** Доводы о запланированном отключении УКВ-ЧМ-вещания в Швейцарии в 2024 г. поддерживаются по многим причинам, некоторые из которых схожи с теми, которые побудили Норвегию сделать такой же шаг. "Например, срок действия лицензий на радиовещание в стране истекает к концу 2024 г.", — сказал Бомио, — "поэтому переход с УКВ-ЧМ-вещания на DAB+ к этой дате соответствует здравому смыслу". Кроме того, вещание только в DAB+ дешевле, чем одновременное вещание в УКВ-ЧМ и DAB+. "Итак, это первая причина, по которой мы хотим это сделать", — сказал он. Расширение выбора контента и увеличение охвата — ещё одна причина, по которой швейцарские вещатели переходят на DAB+. Показательный пример — одна из станций CH DAB+, которая транслирует поп-музыку Schlager и старые хиты, недавно расширила своё присутствие с восточной Швейцарии на всю страну, что привело к соответствующему увеличению аудитории. "У регионального игрока в Швейцарии не было шансов получить новую лицензию на УКВ-ЧМ, потому что их не осталось".

**Нелёгкий путь для Норвегии**. Решение Норвегии перейти на DAB+ в 2017 г. не было безболезненным. Многим норвежцам было трудно вовремя обновить свои автомобильные радиоприёмники. "Это был огромный вызов", — сказал Андресен. — "Нагрузка, которую мы должны были возложить на слушателей, была, наверное, слишком велика". "Мы также, вероятно, недооценили сопротивление общественности", — добавил он. Это было "действительно, очень сильно... Вы могли прочитать газету в Норвегии, в которой что-либо говорилось о радио в течение нескольких лет и где всё было негативным. Так что это был действительно сложный процесс". Он отметил, что отключение УКВ-ЧМ-вещания также стоило норвежским вещателям некоторой аудитории, но со временем они вернулись. "Так что нас действительно поразили не цифры как таковые, а пиар-сторона", — сказал Андресен.

**Риски для Швейцарии**. У Никола Бомио есть некоторые опасения по поводу того, как отключение УКВ-ЧМ-вещания в 2024 г. повлияет на швейцарское радио, хотя только 13 процентов людей, слушающих радио в Швейцарии, делают это только на УКВ-приёмниках", — сказал он.

Есть также опасения по поводу того, что швейцарские слушатели, живущие на границе с Францией, будут настраиваться на УКВ-станции этой страны. "В немецкоязычной части Швейцарии ситуация немного лучше, потому что там мы не говорим на правильном немецком языке", — сказал Бомио. — "У нас есть собственный швейцарский диалект, который немного отличается".

**Не продвигайте DAB+, продвигайте радио.** Пережив отключение УКВ-ЧМ-вещания, Андресен из Норвегии даёт совет Швейцарии и другим странам после того, как они сделают этот шаг — "перестаньте говорить о DAB+ и начните говорить о радио, и точка". "С моей стороны нелогично говорить "слушайте P4 на DAB+", — объяснил он, — "правильное рекламное сообщение после того, как УКВ-ЧМ-вещание исчезнет, будет звучать так: "Слушайте P4 на своём радио или устройстве" (источник — URL: **https://www.radioworld.com/news—and—business/switching-off-fm-in-norway-and-soon-switzerland** (23.12.22)).

***Хорошего приёма и 73!***


Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

# Бюджетный контроллер на CANNY

С. РЫЧИХИН, г. Первоуральск Свердловской обл.

Когда возникает необходимость решения задач по автоматизации различных объектов малой степени сложности, специалисты АСУТП традиционно применяют контроллер, например такой, как Siemens Logo!, а радиолюбители-самодельщики сами изготавливают устройства на интегральной или дискретной электронной базе. Сложность этих устройств варьируется от простейших схем на диодах, реле и транзисторах до схем на цифровых микросхемах и/или микроконтроллерах.

Стоимость же самого дешёвого промышленного контроллера — не менее 10000 руб. даже при наличии бесплатного программного обеспечения для написания прикладных программ.

Сделать бюджетное устройство на релейных или интегральных компонентах — оптимальный вариант, пока задача не содержит более нескольких временных задержек или счётчиков. С увеличением функционала сложность такой схемы возрастает в геометрической прогрессии.

В то же время отечественная фирма Canny (г. Москва) выпускает линейку бескорпусных микроконтроллеров под таким же наименованием CANNY. Эти микроконтроллеры предназначены для работы в системах безопасности, автотранспорте, экспериментальном, лабораторном и учебном оборудовании, промышленной автоматике и прочем оборудовании. Отличительные особенности микроконтроллеров — встроенные средства отладки и загрузки программ в микроконтроллер и наличие бесплатной программы CannyLab для работы с этим микроконтроллером. Интегрированная среда CannyLab — это инструмент для разработки прикладных программ с использованием языка функциональных блоковых диаграмм CFD. Она предназначена для написания, отладки и записи прикладной программы во внутреннюю память программируемых логических микроконтроллеров CANNY. Для радиолюбителей, занимающихся цифровой техникой, написание программы не доставит затруднений — вплоть до полного переноса один к одному физической цифровой схемы в программный вид.

В состав CannyLab входит также и симулятор работы отлаживаемой программы. Другими словами, можно написать программу и до загрузки её в микроконтроллер предварительно проверить работу на симуляторе. Программа CannyLab работает в ОС Windows 7 и младше. В Windows XP она тоже будет работать, но связаться с микроконтроллером из-под неё не получится! Установка программы проста — скачиваете последнюю версию программы на сайте [1] и устанавливаете. Для начала работы с программой есть подробное описание на сайте. Там же находится форум [2], на котором вы можете задать свой вопрос в случае затруднений. Сотрудники отвечают весьма оперативно и подробно.

Процесс написания прикладной программы прост — вы просто выбираете на панели функциональных блоков подходящий блок, перетаскиваете его на рабочую область и соединяете мышкой его входы и выходы, согласно задуманному алгоритму. Также можно на любом этапе запустить отладчик-симулятор для тестирования программы. В нём возможно как циклическое (непрерывное) выполнение программы, так и пошаговая отладка с заданием точек останова и возможностью принудительно задать какие-либо значения на входах блоков. По окончании разработки полученная программа загружается в микроконтроллер. Для этого соединяют компьютер и микроконтроллер кабелем USB-micro и нажимают на кнопку загрузки. Питание на микроконтроллер при программировании подавать не нужно.

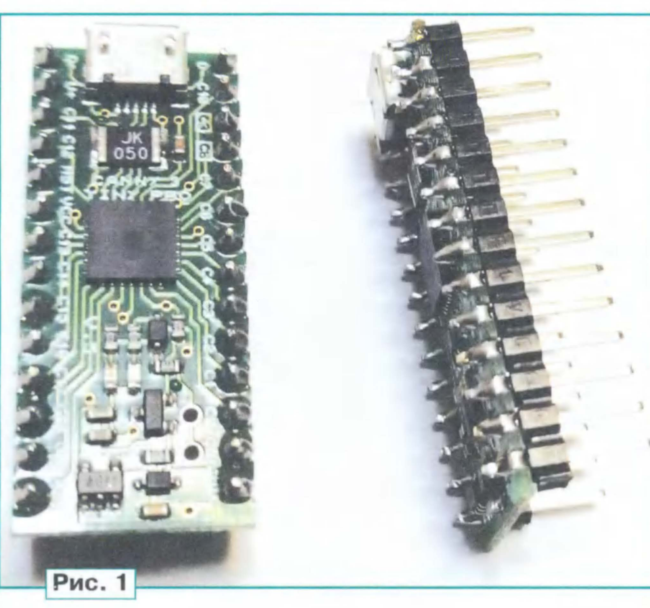


Рис. 1

Для основы описываемой ниже конструкции взят микроконтроллер CANNY 3 Tiny PRO. Он представляет собой миниатюрную плату с установленными на ней микроконтроллером, дискретными компонентами и USB-разъёмом для внутрисхемного программирования. К микроконтроллеру можно подключать до 21 канала, которые настраиваются как на ввод, так и на вывод дискретных сигналов. А также 14 десятиразрядных аналоговых каналов ввода для напряжения 0...5 В (значения от 0...1023). Два канала микроконтроллера могут работать в режиме широтно-импульсной модуляции, что позволяет реализовать аналоговое управление. Микроконтроллер имеет один пятиразрядный канал ЦАП с 32 уровнями установки напряжения в интервале от 0 до 5 В. Девять каналов микроконтроллера могут работать в режиме асинхронных входов-счётчиков с индивидуальными параметрами подсчёта импульсов: счётчик фронтов импульсов, счётчик спадов импульсов, счётчик фронтов и спадов; два канала микроконтроллера могут работать в режиме определения длительности импульсов с разрешением 1 мкс. Микроконтроллер имеет 64 ячейки EEPROM, в которых пользовательская программа может сохранять информацию при отключении питания. На плате CANNY 3 Tiny PRO находится стабилизатор напряжения +5 В, поэтому микроконтроллер можно питать как от стабилизированного источника напряжением 5 В, так и от нестабилизированного напряжением 12 В. Для этого на плате предусмотрены отдельные выводы. Два светодиода на плате красного и зелёного свечения подключены к девятому и восьмому каналам соответственно.

CANNY 3 Tiny PRO можно свободно приобрести через поставщиков в Интернете. Микроконтроллер поставляется в комплекте с двумя 14-штырьковыми PLS-разъёмами. Для использования его в конструкции эти разъёмы надо впаять на плату в специально предусмотренные отверстия со стороны, противоположной микроконтроллеру и USB-разъёму (**рис. 1**).

Контроллер представляет собой плату, на которой находятся источник питания, реле и элементы согласования входных сигналов для микроконтроллера. При необходимости можно установить плату в специальный открытый корпус на дин-рейку. Размеры платы подогнаны под корпус Sanhe 23-59 (100 мм).

Схема контроллера показана на **рис. 2**. Источник питания собран на понижающем трансформаторе T1, диодном мосте VD1 и сглаживающих конденсаторах C1 и C2. Полученное постоянное напряжение 12 В — нестабилизированное и используется для питания микроконтроллера, внешних цепей и реле. Контроллер имеет девять дискретных входов для плюсового напря-



Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

**Рис. 2**

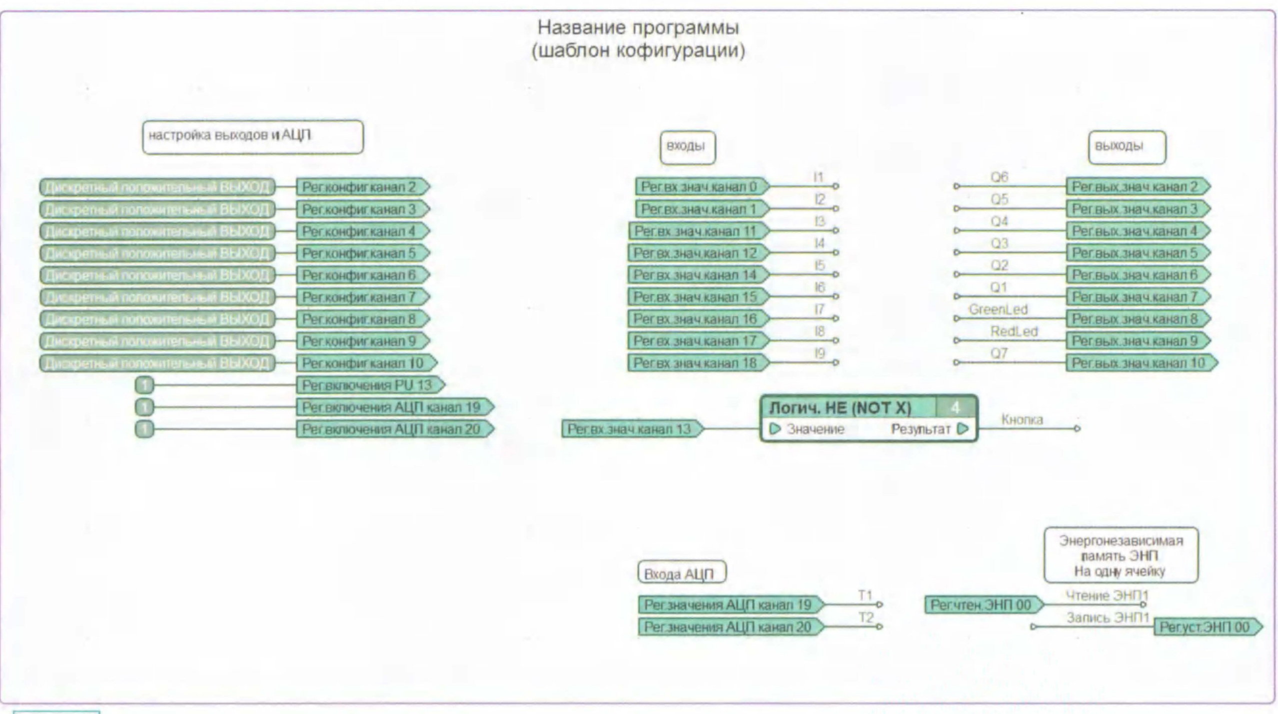
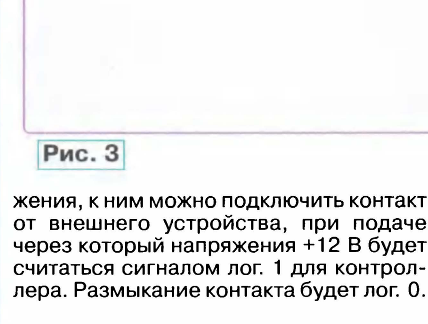
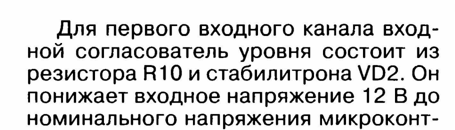



**Рис. 3**



жения, к ним можно подключить контакт от внешнего устройства, при подаче через который напряжения +12 В будет считаться сигналом лог. 1 для контроллера. Размыкание контакта будет лог. 0.



Для первого входного канала входной согласователь уровня состоит из резистора R10 и стабилитрона VD2. Он понижает входное напряжение 12 В до номинального напряжения микроконтроллера 4,7 В (лог. 1). Конденсатор C3 фильтрует возможные импульсные помехи. Светодиод HL8 и резистор R11 предназначены для индикации наличия входного сигнала. Для остальных

каналов, со второго по девятый, схемы идентичны. Ещё один дискретный сигнал может быть получен от кнопки SB1, расположенной на плате контроллера, она может быть использована в прикладной программе микроконтроллера. Подтягивающий резистор к плюсовой линии питания для кнопки должен быть обязательно сконфигурирован в программе микроконтроллера. Нажатие на кнопку формирует уровень лог. 0 на входе микроконтроллера, поэтому для удобства работы с этим сигналом его нужно инвертировать. Всё это выполнено в файле "Конфигурация.cfd".

Кроме дискретных сигналов, в микроконтроллере можно задавать два аналоговых. Для этого служат два подстроечных резистора R1 и R2. Их можно использовать для возможности регулирования выдержек таймеров прикладной программы в процессе работы, задания частоты и скважности генераторов.

Контроллер имеет семь выходных дискретных каналов Q1—Q7, управление которыми идёт через микросхему DA1. Первые шесть каналов выполнены на реле K1—K6, причём каналы Q1—Q4 объединены в группу, а Q5 и Q6 имеют полную развязку от остальных. Канал Q7 не имеет выходного реле и предназначен для частых включений и выключений маломощной нагрузки, например, реализации ШИ-модуляции для регулирования мощности электронагревателя через твердотельное реле или управление сигнальной светодиодной лампой в режиме маячка.

Микросхема DA1 представляет собой семь каналов на транзисторах, включённых по схеме Дарлингтона с нагрузочной способностью до 500 мА и служит для согласования выходных сигналов микроконтроллера A1 с нагрузками. Дополнительные диоды, интегрированные в микросхему DA1, гасят выбросы ЭДС самоиндукции на катушках реле K1—K6. Реле K5 и K6 можно не устанавливать, тем самым увеличив число транзисторных каналов за счёт уменьшения релейных выходов. Цепи HL1—HL7 и R3—R9 служат для индикации включения выходных каналов.

При использовании транзисторных выходов нужно учитывать нагрузочную способность встроенного блока питания микроконтроллера до 300 мА и принимать решение об использовании отдельного блока питания для нагрузки.

Прикладная программа для микроконтроллера пишется в программе CannyLab. В момент написания статьи была актуальна версия v2.13.

Скачиваем и устанавливаем программу. Также понадобится файл "Конфигурация.cfd". После установки запускаем программу. Программа предложит выбрать тип микроконтроллера, с каким она будет работать. Нажимаем на кнопку "Отмена". Интерфейс самой программы интуитивно понятен. Вверху находится главное меню программы. Слева — панель функциональных блоков. Для установки блока на рабочую область достаточно перетянуть блок мышкой. Соединяются блоки связями — тоже мышью. Подробное описание работы интерфейса и каждого блока можно найти в помощи программы, нажав на клавишу F1.

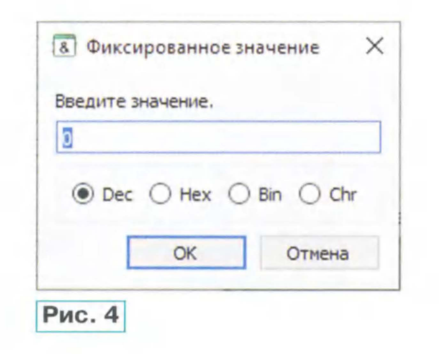



Рис. 4

Далее в пункте "Файл" выбираем "Открыть". Находим на диске предварительно загруженный файл-заготовку под именем "Конфигурация.cfd". Открываем его. В верхней части рабочего поля видим уже готовый шаблон в рамке с поименованными выводами для программы, согласно принципиальной схеме контроллера (**рис. 3**). Какие-либо изменения в него вносить не нужно, так как это повлияет на корректность работы всей прикладной программы. Эта часть программы является обязательной, без неё контроллер неработоспособен. Ниже, вне рамки, находятся составные блоки, об их назначении чуть позже.

Для проверки корректности написанной программы нужно воспользоваться функцией "Сервис" — "Проверить диаграмму". После проверки можно проверить работу диаграммы на симуляторе. Для этого включаем симулятор: "Симулятор" — "Включить". Попадаем в режим симуляции диаграммы. В нём имитируем работу программы. Для этого запускаем симулятор: "Симулятор" — "Запуск". Отработка симуляции соответствует реальной работе программы в микроконтроллере. Для подачи сигнала на какой-либо вывод нужно щёлкнуть по нему правой клавишей мыши и выбрать из меню "Установить значение" (**рис. 4**). Для дискретного сигнала это лог. 1 или лог. 0, для аналоговых входов T1 и T2 с резисторов R1 и R2 — значения от 0 до 1023. Значения можно вводить как в десятичной форме, так и в шестнадцатеричной или в двоичной.

При написании программы очень удобно объединять отдельные части программы в составные блоки. Это пригодится при разработке сложных программ, при этом получается небольшой по размеру функциональный блок, на входы и выходы которого подаются сигналы, а внутри у него может быть сколь угодно сложная схема. Копируя такой составной блок, можно существенно ускорить процесс создания программы. Дополнительно можно ввести вход управления EN для этого блока. При подаче на этот вход лог. 1 блок будет выполняться, при лог. 0 блок будет выключен, на выходах останутся значения, бывшие в момент отключения.

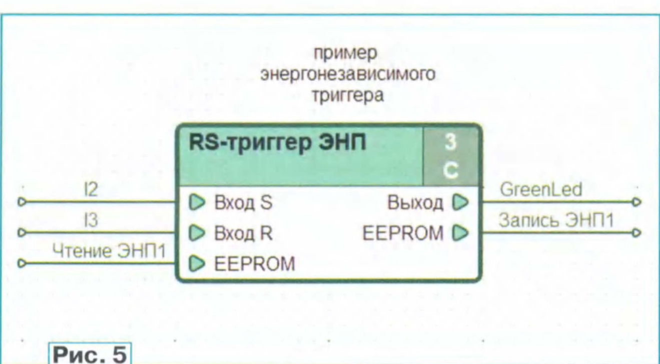



Рис. 5

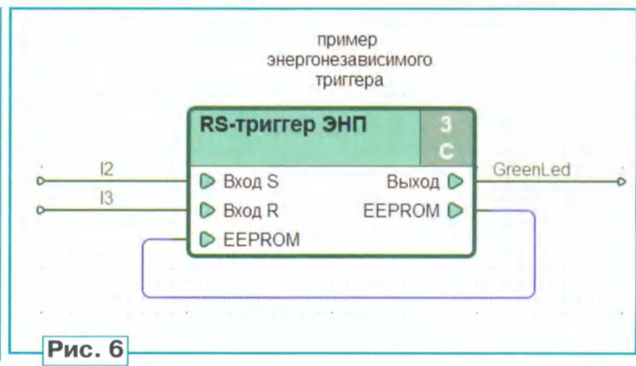



Рис. 6

Отмечу некоторые важные моменты при работе с контроллером, которые вы не найдёте в помощи F1 к программе:

1. Для подключения входов и выходов блоков к физическим выводам контроллера нужно навести указатель мыши на вывод блока, щёлкнуть левую клавишу и провести линию связи на небольшое расстояние, затем дважды кликнуть левой клавишей мыши. Получится линия с точкой (именованная связь). Затем по этой линии кликнуть правой клавишей мыши. В выпавшем меню выбрать "Переименовать", затем выбрать из списка нужный вывод: I1—I9 — это входы, Q1—Q7 — это выходы, RedLed и GreenLed — соответственно красный и зелёный светодиоды, установленные непосредственно на самом микроконтроллере, "Кнопка" — это кнопка на плате контроллера, T1 и T2 — аналоговые значения от подстроечных резисторов R1 и R2 с платы контроллера (интервал 0—1023).



Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

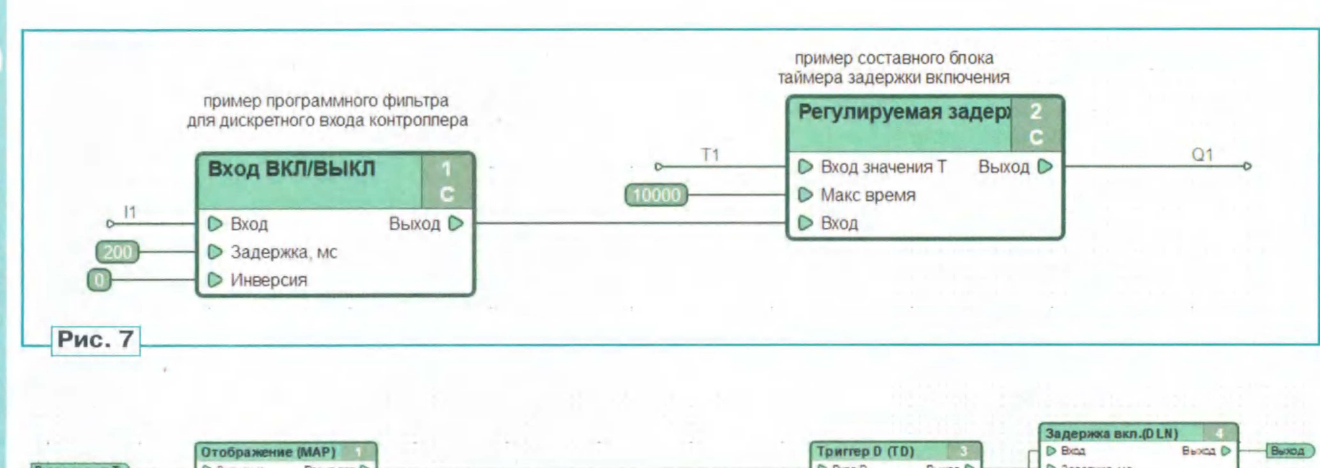



Рис. 7

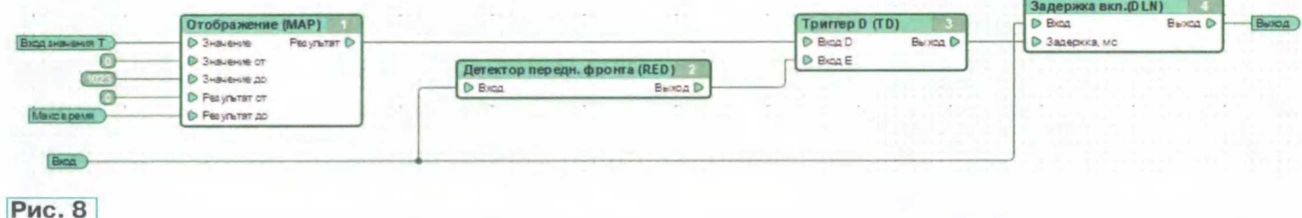



Рис. 8

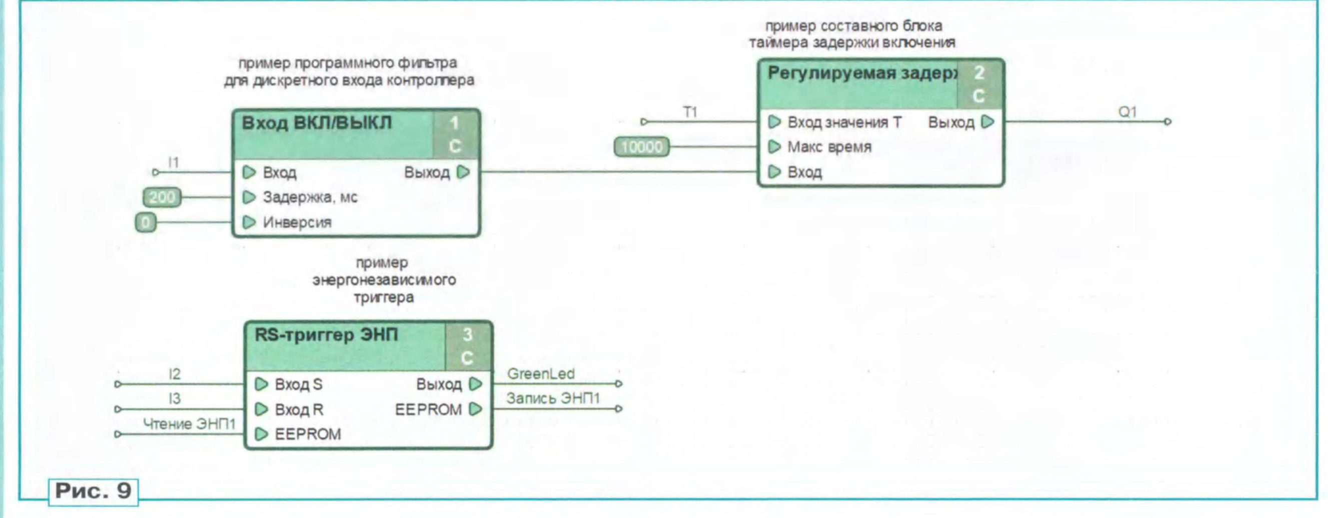



Рис. 9

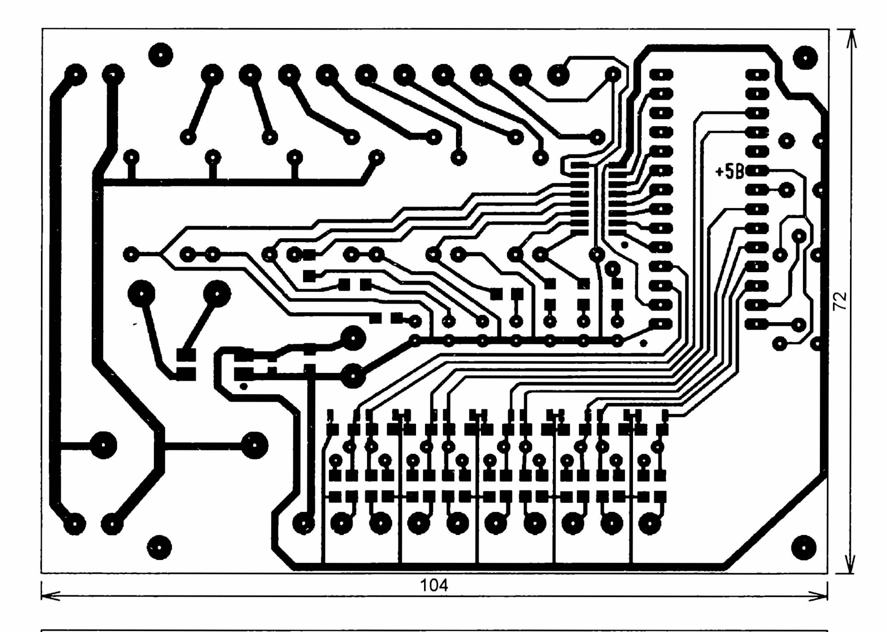
2. В симуляторе работа с EEPROM невозможна. Данные при симуляции в ячейках равны 0! Для примера в "Конфигурации" приведён пример составного блока (**рис. 5**), который выполняет функции энергонезависимого триггера. После выключения питания состояние триггера сохраняется. Блок имеет три входа: R, S и чтения ячейки EEPROM памяти и два равноценных выхода — один дискретный, а второй для записи в ячейку памяти. При написании программы нужно обязательно учитывать, что частая запись в EEPROM может повредить память. На время отладки в симуляторе нужно отключить вход и выход EEPROM блока от ячеек и просто соединить их между собой, как показано на **рис. 6**.

3. Для подавления "дребезга" контактов можно использовать составной блок из того же файла "Конфигурация.cfd", блок 1 на **рис. 7**. Он предназначен для подавления "дребезга" контактов входных сигналов датчиков. У него три входа — собственно для входного сигнала, вход значения задержки фильтрации входного сигнала (задаётся константой) в миллисекундах и вход, который определяет, нужно ли инвертировать полученный сигнал (тоже задаётся константой).

4. Для внешнего регулирования выдержки времени используются подстроечные резисторы R1 и R2. Для подключения их к таймерам лучше использовать составной блок задержки включения из примера в файле "Конфигурация.cfd", блок 2 на рис. 7. Внутренняя схема блока 2 показана на **рис. 8**. Причина — значение, считанное с аналогового входа, немного меняется с каждым циклом опроса программой, и если подавать его непосредственно на вход, отвечающий за выдержку времени таймера вместо константы, то это приведёт к некорректной работе таймера в период отсчёта времени. Особенно это заметно на малых значениях входного аналогового сигнала. Поэтому по приходу положительного фронта на вход запуска таймера отмасштабированное значение с аналогового входа блоком 1 будет зафиксировано в триггере 3 и не будет меняться до следующего цикла запуска таймера 4. Блок 2 детектирует фронт сигнала — на его выходе появляется кратковременный импульс лог. 1, который разрешает запись значения выдержки времени в триггер 3. Для формирования других типов временных задержек можно модифицировать этот блок. Для формирования задержки на отключение надо заменить блок 2 на детектор спада импульса, а таймер 4 — на задержку отключения.

В файле "Конфигурация.cfd" приведены примеры блоков, обеспечивающих простейшие алгоритмы, они находятся вне рамки, и их можно удалять и редактировать (**рис. 9**). Блоки 1 и 2 выполняют функцию включения выхода Q1 от входа I1 с регулируемой задержкой включения резистором T1 (R1) в интервале 0…10 с. Дополнительно есть задержка по дребезгу в 0,2 с.

Блок 3 — это пример реализации энергонезависимого триггера, см. рис. 5. Лог. 1 на входе I2 триггер включается и включает светодиод зелёного свечения



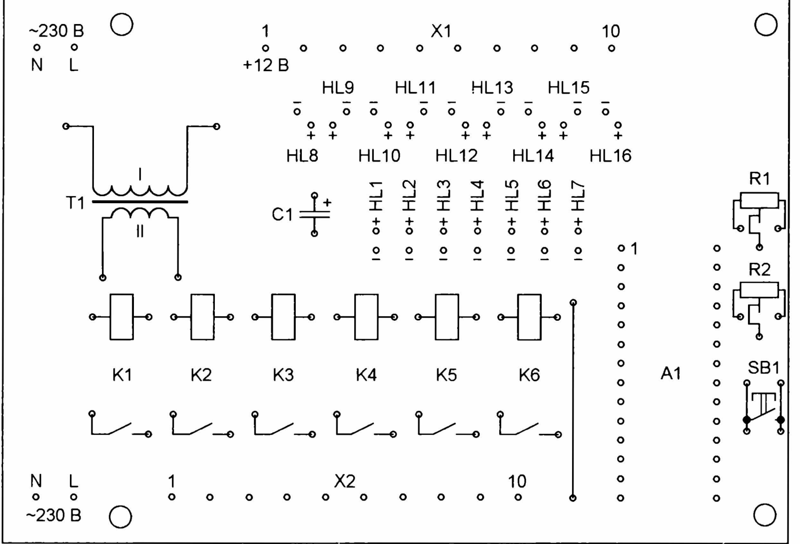




Рис. 10

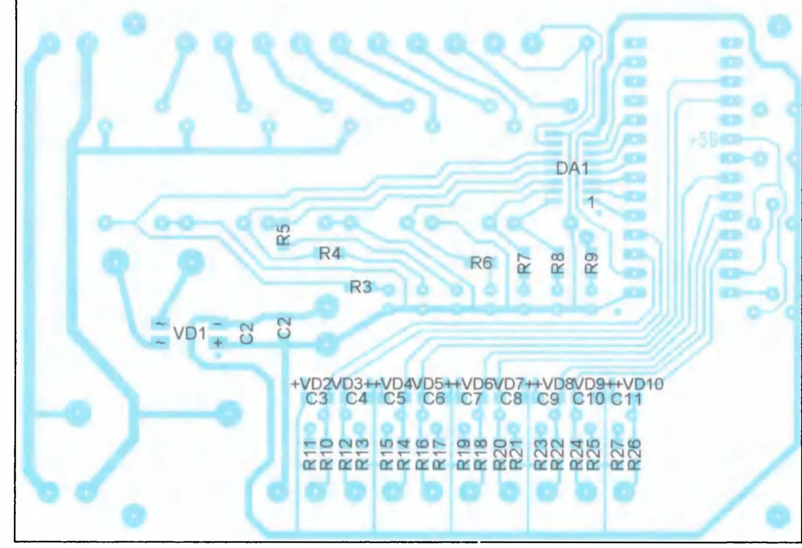



Рис. 11

на плате микроконтроллера, лог. 1 на входе I3 отключает триггер и гасит светодиод. Подавлять дребезг для входов триггера не нужно. Состояние триггера сохраняется и после выключения питания. Если в вашей конструкции предполагается использовать больше энергонезависимых элементов, тогда нужно дополнить число регистров чтения и установки энергонезависимой памяти в рамке. Интервал адресов ячеек — от 0 до 63. Ячейки состоят из двух байтов, поэтому в них можно сохранять не только битовые значения, но и числовые от 0 до 65535 (0—FFFF).

Микроконтроллер подключают к компьютеру через разъём USB-micro. Никаких программаторов при этом не нужно. На микроконтроллер CANNY также не нужно подавать питание в режиме программирования — достаточно напряжения 5 В от разъёма USB. При первом подключении понадобится обновить системное ПО микроконтроллера — программное обеспечение, аналогичное операционной системе компьютера. Находим на панели инструментов вверху кнопку "Устройство" — "Системное ПО" — "Записать". Нажимаем на неё. Находим в диалоговом окне в папке, куда устанавливали программу CannyLab, папку ccx. В ней открываем папку canny3tinypro. Выбираем файл конфигурации c3tprov00209.ccx. Программа выведет предупреждение "в устройстве уже содержится конфигурация". Подтверждаем действие. Произойдёт обновление системного ПО.

После этого можно загружать программу. Для первого опыта можно загрузить файл "Конфигурация.cfd". На панели инструментов выбираем "Устройство" — "Подключить". После того как микроконтроллер успешно подключён, выбираем "Устройство" — "Диаграмма" — "Записать". Программа может вывести предупреждение "В устройстве уже содержится диаграмма. Перезаписать?". Подтверждаем.

После загрузки отключаем микроконтроллер — "Устройство" — "Отключить". Теперь на контроллер можно подавать внешнее питание. Для удобства монтажа в шкаф на плате контроллера предусмотрены два клеммника под питание 230 В — в верхней части и в нижней. Переменное напряжение 230 В может быть подано на любой из этих клеммников.



Рис. 12

В устройстве применён контроллер CANNY 3 Tiny PRO. Микросхема DA1 —

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

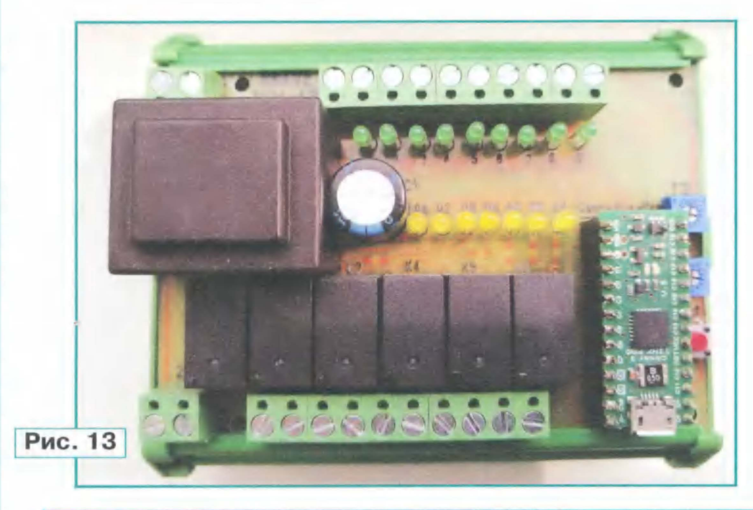


Рис. 13

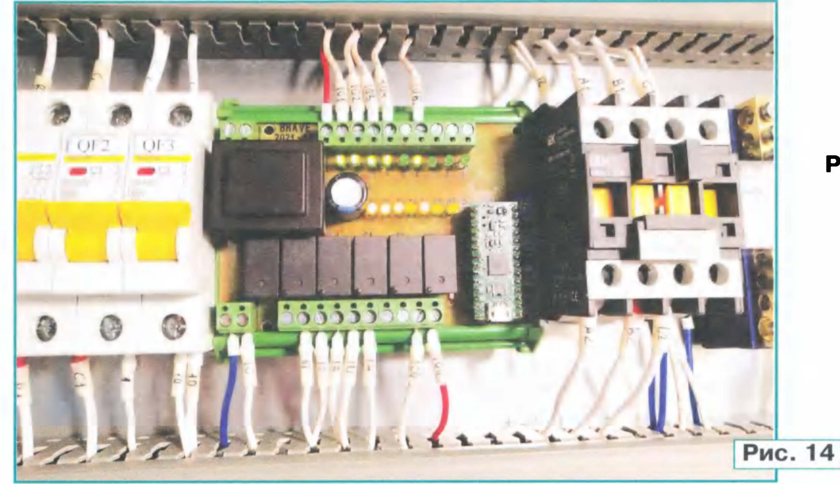


Рис. 14

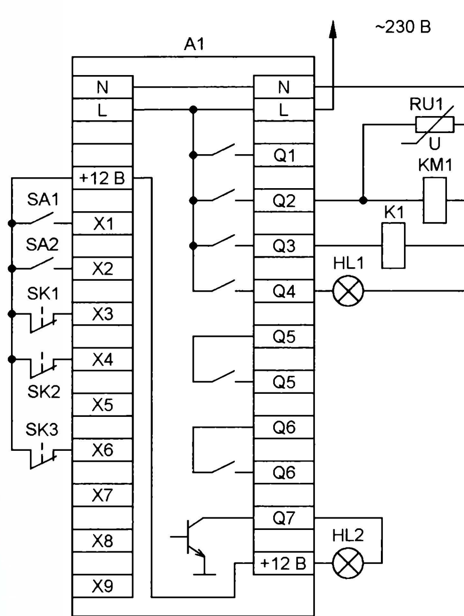



Рис. 15

ULN2003D в корпусе SO16, если применить в другом корпусе, то придётся менять разводку печатной платы. Трансформатор питания T1 — BVEI305 2051 мощностью 3 ВА 230В/9В, выходной ток — 334 мА. Диодный мост VD1 — MB6S с выходным током до 0,5 А. Конденсатор C1 — TKR222M1EJ21M ёмкостью 2200 мкФ на номинальное напряжение 25 В или любой подобный оксидный, C2 — GRM188R61H225KE11D типоразмера 0603 для поверхностного монтажа ёмкостью 2,2 мкФ. На плате есть место для конденсатора типоразмера 1206. Остальные конденсаторы C3—C11 — CC1206KRX7R9BB104 типоразмера 1206 ёмкостью 0,1 мкФ на номинальное напряжение 50 В. Резисторы R3—R26 — типоразмера 1206. Стабилитроны VD2—VD10 — BZV55C4V7,115 с напряжением стабилизации 4,7 В. Подстроечные резисторы R1 и R2 — 3362P-1-103LF сопротивлением 10 кОм. Подойдут резисторы такого же типа сопротивлением в интервале от 1 до 10 кОм. Реле — TRC-12VDC-SD-AD — это миниатюрное реле на номинальное напряжение 12 В с одним замыкающим контактом, коммутирующим резистивную нагрузку током до 5 А при напряжении 230 В.

Кнопка SB1 — DTS-61R-V размерами 6×6×4,3 мм. Светодиоды индикации работы выходных цепей HL1—HL7 жёлтого свечения FYL-3014YD диаметром 3 мм. Светодиоды входных цепей HL8—HL16 зелёного свечения L-934SGD, также диаметром 3 мм. Плату микроконтроллера с напаянными штыревыми разъёмами вставляют в два 14-контактных гнезда PBS-14, которые запаивают на плату контроллера. Для подключения контроллера к внешним цепям на плату установлены 12 двухконтактных винтовых клеммников DG300-5.0-02P-14-00AH. Для монтажа платы контроллера на DIN-рейку понадобится открытый корпус Sanhe 23-59 [3].

Все вышеперечисленные компоненты смонтированы на печатной плате размерами 104×72 мм из фольгированного с одной стороны текстолита толщиной 1 мм. Элементы для поверхностного монтажа устанавливают со стороны печатных проводников. Чертёж печатной платы и схема расположения выводных элементов показаны на **рис. 10**. На плате есть одна перемычка. Схема расположения элементов для поверхностного монтажа приведена на **рис. 11**. Плата разрабатывалась под изготовление методом лазерно-утюжной технологии.

Платы микроконтроллеров с уже напаянными разъёмами представлены на рис. 1. Микроконтроллер удобно извлекать из гнёзд платы специальным экстрактором (**рис. 12**), который можно найти в интернет-магазинах.

Рабочий вариант контроллера для установки на DIN-рейку показан на **рис. 13**. Пример работающего контроллера, смонтированного в электрошкафу, изображён на **рис. 14**.

Пример схемы внешних соединений представлен на **рис. 15**. Питание контроллера 230 В подаётся на любую пару контактов разъёмов в верхней или нижней части платы контроллера. Входы представляют собой "сухие" контакты выключателей и контактных датчиков. Выходы — релейные, к выходу Q2 подключена катушка контактора KM1, для гашения выбросов ЭДС самоиндукции параллельно обмотке включён варистор JVR07N361K65PU5, 230Vac/300Vdc, 1200A. Эта мера позволит избежать преждевременного износа контактов реле на плате контроллера. Гашением на катушке маломощного реле K1 можно пренебречь. Транзисторный выход задействован для управления лампой HL2, работающей в режиме маячка для индикации процесса работы. Выводы Q5 и Q6 задействованы во внешних цепях, и на схеме эти цепи не показаны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Интегрированная среда разработки CannyLab v2.13. — URL: **https://canny.ru/downloads/** (07.12.22).

2. CANNY форум. — URL: **https://forum.canny.ru/index.php** (07.12.22).

3. Открытый корпус Sanhe 23-59 для монтажа печатной платы на DIN-рейку. — URL: **https://silines.ru/23-59** (07.12.22).

*__От редакции__. Файл печатной платы в формате SprintLayout 6 и файл конфигурации находятся по адресу __http://ftp.radio.ru/pub/2023/02/contr_canny.zip__ на нашем ftp-сервере.*

# Устройство управления для автомобильного компрессора

В. КИБА, г. Волжский Волгоградской обл.

Однажды мне принесли для ремонта интересную "игрушку" — китайский аккумуляторный автомобильный компрессор с автоматическим отключением при достижении заданного давления. Назвать это устройство хорошим язык не поворачивается — всё хилое, двигатель маломощный, аккумулятор слабый, и к тому же "мозги" вышли из строя. Это устройство было отправлено продавцу, но понравилась идея — почему бы не доработать мой компрессор "Тайфун 406HS" производительностью 35 л в минуту. Всем он хорош, но очень неудобен провод питания, который мешается и к тому же зимой не хочет гнуться.

Потому было решено провести глубокую модернизацию компрессора. При напряжении питания 12...13,5 В потребляемый им ток — около 14 А. Для его питания из литиевых аккумуляторов была собрана батарея напряжением 12,6 В и ёмкостью 9 А•ч. Проверка показала, что компрессор работает нормально, а ёмкости батареи на практике достаточно. Но через некоторое время было решено изготовить и блок управления, чтобы сделать компрессор автоматическим. В дело пошли Arduino Nano, безымянный датчик давления с Алиэкспресса на 150 psi (psi — фунт на квадратный дюйм, 1 атм ≈ 14 psi) и четырёхразрядный цифровой светодиодный дисплей. ЖКИ использовать не рискнул, поскольку на морозе он может "замёрзнуть".

Схема блока управления компрессором показана на **рис. 1**. Он сравнительно простой и содержит управляющий модуль A2 Arduino Nano, который получает информацию с датчика давления A4 и команды управления от трёх кнопок SB1—SB3, управляет с помощью транзистора VT1 электродвигателем M2 компрессора и выводит информацию на четырёхразрядный светодиодный индикатор-дисплей A3. Напряжение питания 12,6 В понижается модулем A1 до 8 В и через диод VD1 поступает на цепь питания Arduino Nano. Вентилятор охлаждения компрессора M1 включается при подаче питающего напряжения.

После включения питания модуль Arduino Nano A2 производит инициализацию остальных модулей, в течение одной секунды выводит на дисплей A3 информацию о напряжении аккумулятора, а потом информацию о давлении в атмосферах и ждёт действий оператора. Кнопкой SB2 "SELECT [>>]" можно изменять выводимую информацию по кольцу. При первом нажатии выводится напряжение аккумулятора, при втором — порог отключения компрессора при достижении заданного давления, который можно изменять кнопками SB1 "ON [+]" и SB3 "OFF [–]". При нажатии на кнопку SB2 более 3 с установленный порог записывается в EEPROM микроконтроллера модуля A2. Инди-

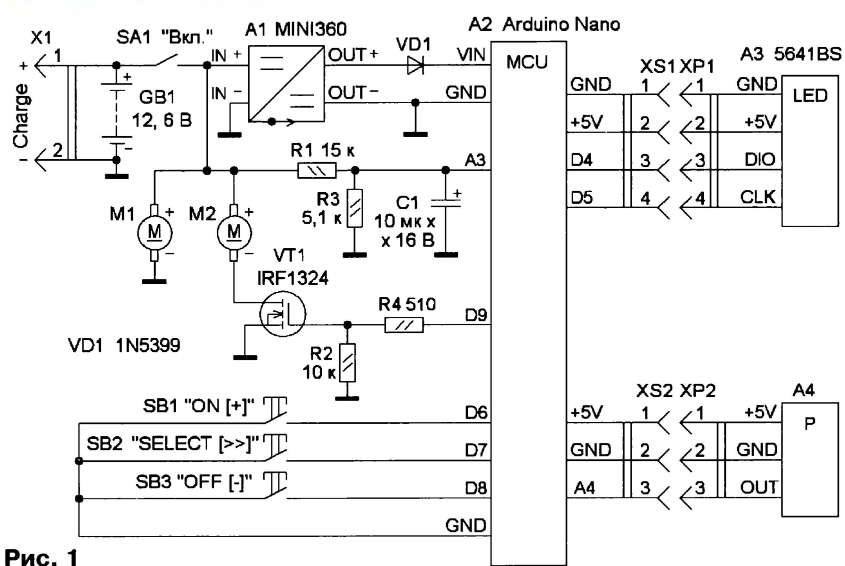
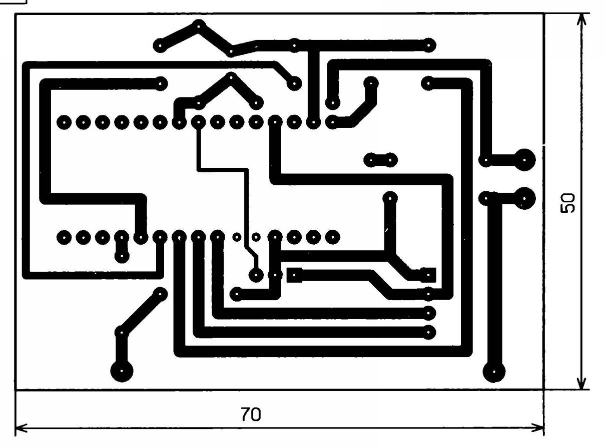



Рис. 1



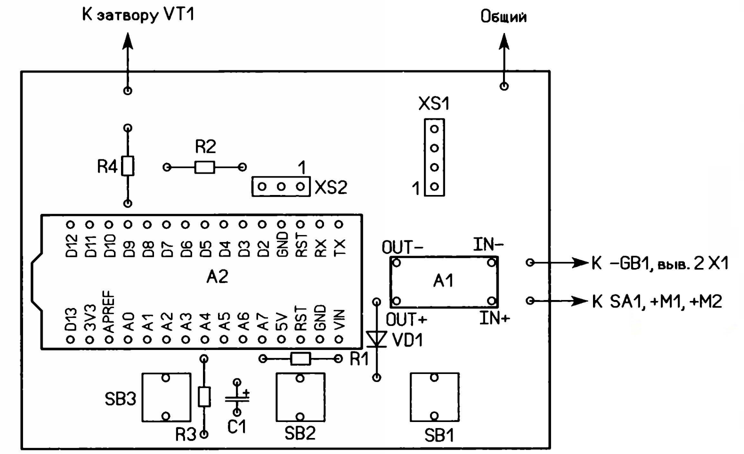




Рис. 2



Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

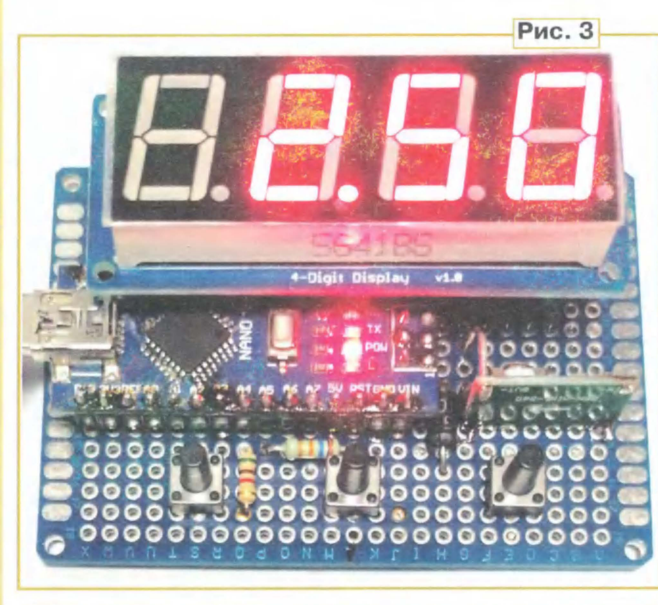



Рис. 3

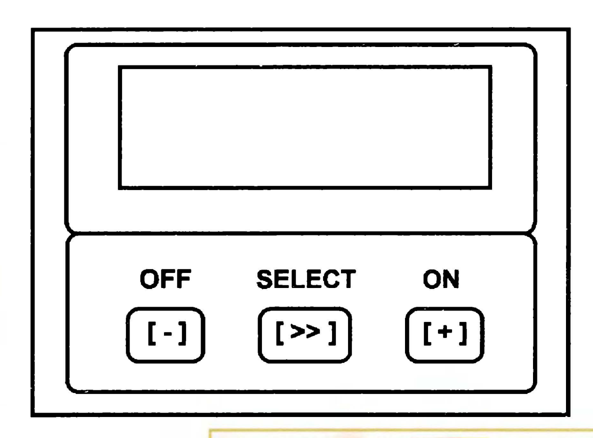



Рис. 5

ски отключается при достижении заданного порога давления.

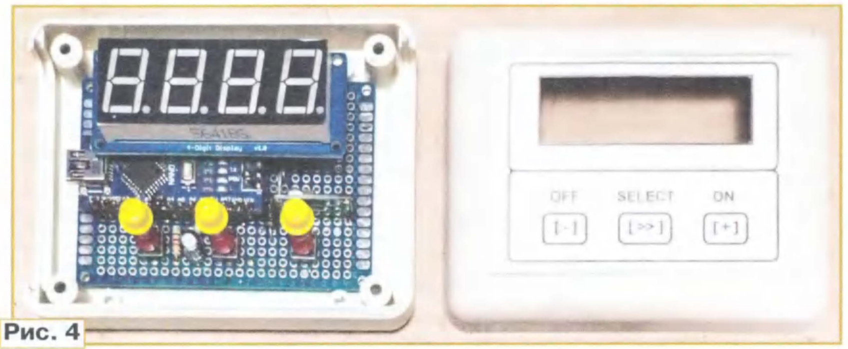


Рис. 4

каторов записи служит кратковременное включение средних сегментов в четырёх разрядах дисплея. У кнопок SB1, SB3 двойная функция, в зависимости от информации, выводимой на дисплей. Включить электродвигатель M2 компрессора можно нажатием на кнопку SB1, а выключить — нажатием на кнопку SB3. Компрессор автоматиче-

Поскольку перед золотником создаётся более высокое давление, чем в баллоне, из-за сопротивления, создаваемого золотником, чтобы после отключения компрессора и выравнивании давления между баллоном и компрессором получить установленное давление в баллоне, в программе к порогу отключения добавляется 0,5 атм.

Рис. 6

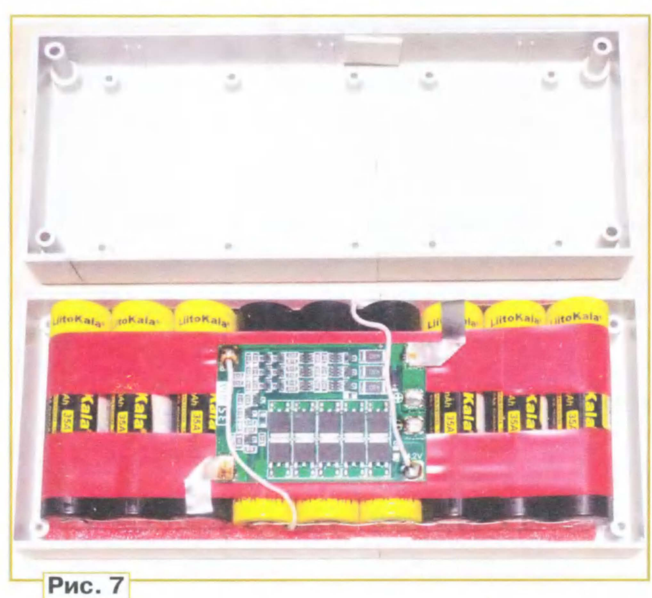


Рис. 7

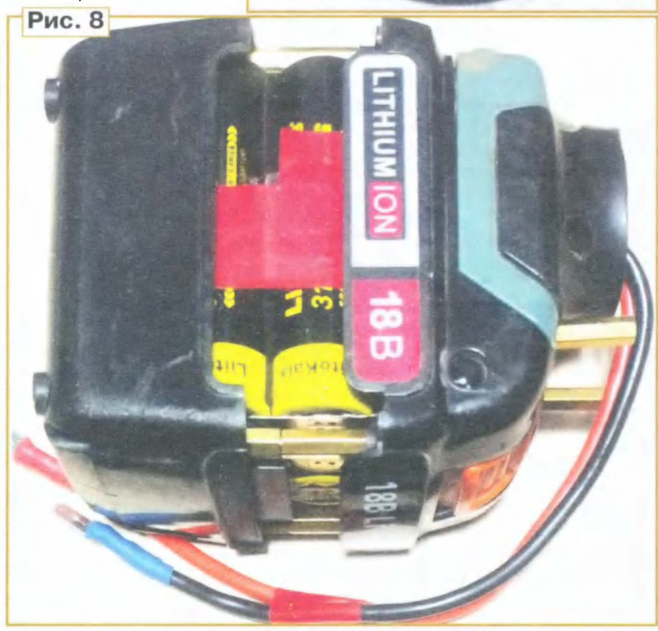



Рис. 8



Рис. 9




Рис. 10

Поскольку это был лабораторный макет, была использована макетная печатная плата, но для читателей журнала разработан чертёж печатной платы. Для её изготовления можно применить односторонний фольгированный стеклотекстолит толщиной 1,5...2 мм. Чертёж платы показан на **рис. 2**. Она рассчитана на применение резисторов МЛТ, оксидного конденсатора К50-35 или аналогичного иностранного производства, А3 — модуль на микросхеме ТМ1637 и четырёхразрядном светодиодном индикаторе [1]. Транзистор VT1 установлен на металлическом торце электродвигателя с изоляцией от корпуса через теплопроводящую прокладку. Собранная плата показана на **рис. 3**. Она установлена в пластмассовом корпусе размерами 90×70×28 мм, показанном на **рис. 4**.

В верхней части корпуса резаком, сделанным из ножовочного полотна по металлу, вырезано прямоугольное отверстие размерами 51×19 мм для дисплея. Рисунок фальшпанели (**рис. 5** в масштабе 1:1) напечатан на белой бумаге на лазерном принтере. После вырезания окна для дисплея её ламинируют и приклеивают двухсторонней липкой лентой или клеем, кому как удобно.

Собранный блок управления закреплён на компрессоре с помощью алюминиевого уголка на пластмассовой крышке, закрывающей торец электродвигателя (**рис. 6**).

Батарея собрана из девяти Li-Ion аккумуляторов типоразмера 18650, каждый ёмкостью 3 А•ч. Сначала с помощью контактной сварки собирают блоки по три соединённых параллельно аккумулятора, и получится три блока с напряжением 4,2 В и ёмкостью 9 А•ч. Затем сваривают их последовательно с соблюдением полярности, и получится батарея с напряжением 12,6 В и такой же ёмкостью. Сверху на аккумуляторах с помощью двухсторонней липкой ленты закреплена плата BMS и припаяна с соблюдением полярности. Для батареи использован пластмассовый корпус размерами 190×80×32 мм, который изготовлен из двух корпусов размерами 125×80×32 мм. От каждого из них отрезан фрагмент соответствующей длины, которые затем с помощью дихлорэтана склеивают вместе. Собранная батарея в корпусе показана на **рис. 7**.

Следует отметить, что сначала батарея была размещена в корпусе батареи от шуруповёрта (**рис. 8**), но было это не очень удобно, и она не помещалась в штатную сумку для хранения компрессора. Батарея крепится к компрессору со стороны ручки для переноски. Сначала четырьмя винтами прикручивают половину корпуса батареи, затем вставляют батарею, припаивают провода и затем винтами прикручивают вторую половину корпуса, как показано на **рис. 9**.



Рис. 11

Провода соответствующего сечения от батареи заводят под пластмассовую крышку, закрывающую торец электродвигателя, и припаивают к разъёму X1 для зарядки аккумуляторной батареи, выключателю SA1, транзистору VT1, электродвигателю (**рис. 10**). Заряжать аккумуляторную батарею можно от любого источника с выходным напряжением 13...14 В, плата BMS автоматически отключит зарядку при достижении максимального напряжения на аккумуляторе. Единственно, что необходимо, — в зарядном устройстве должно быть предусмотрено устройство ограничения зарядного тока до уровня, безопасного для зарядки используемых аккумуляторов.

Для контроля давления сначала планировалось применить промышленный датчик давления с токовым выходом, но не нашлось с резьбой нужного диаметра, и к тому же цена на него зашкаливала. Поэтому нашёл на Алиэкспрессе подешевле [2] и с выходным сигналом в виде постоянного напряжения от 0,5 до

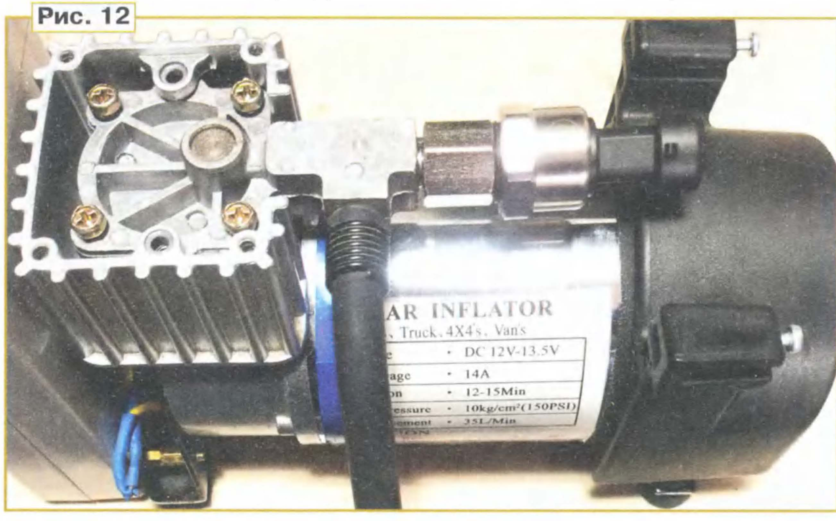
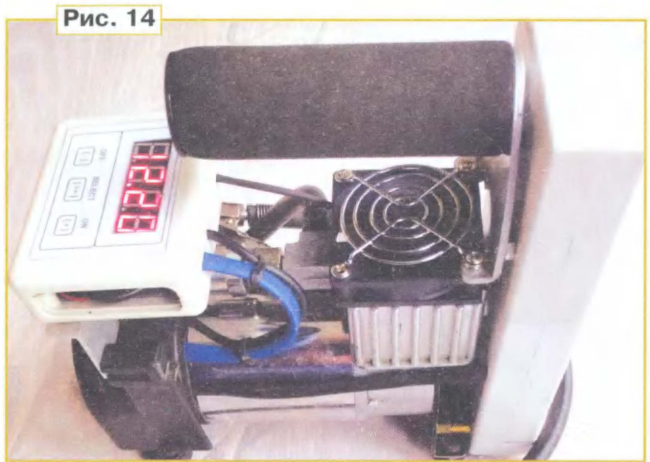



Рис. 12

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru



Рис. 13


Рис. 14

4,5 В. Применённый датчик давления показан на **рис. 11**. Его устанавливают вместо штатного манометра, как показано на **рис. 12**. Предпочтительно приобрести с резьбой 1/8", как у штатного манометра.

Съёмная защитная крышка кожуха на верхней части компрессора выполняет чисто декоративную и защитную функцию и к тому же ограничивает отвод тепла от рабочей части компрессора, что влияет на срок его службы. Недоработанный компрессор после минуты работы разогревался так, что можно было получить ожог, что я и испытал, случайно прикоснувшись к корпусу работающего компрессора. Поэтому для охлаждения рабочей части компрессора был установлен компьютерный вентилятор размерами 60×60×15 мм на напряжение 12 В, как показано на **рис. 13**. Два крепёжных отверстия на пластмассовой крышке оказались на таком же расстоянии, как и крепёжные отверстия у вентилятора. Он установлен под ручкой для переноски и закреплён его же винтами. Штатная защитная крышка кожуха удаляется. Полностью собранный и готовый к работе компрессор показан на **рис. 14**.

Налаживания устройство не требует, если оно собрано без ошибок, после сборки начинает работать сразу. При первом включении и программировании данные надо внести в EEPROM микроконтроллера, изменив в скетче в функции SETU, разблокировать строку **EEPROM.update(1, Presso[1]);** и после программирования и запуска программы заблокировать эту строку и снова запрограммировать модуль Arduino Nano. Все библиотеки, которые применены в программах, можно загрузить с сайта GitHub <**https://github.com/ru-doc**>.

ЛИТЕРАТУРА

1. TM1637 0,56 светодиодный дисплей. — URL: **https://clck.ru/32krVg** (23.11.22).

2. Датчик давления из нержавеющей стали, 5...12 В, 5—300 psi. — URL: **https://clck.ru/32khfD** (23.11.22).

*От редакции.* *Программы и файлы для программирования Arduino Nano и чертёж печатной платы находятся по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2023/02/compres.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

## ИЗ ИСТОРИИ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

# Ода транзистору КТ315

*А. ЧЕЧНЕВ, пос. Володарского Московской обл.*

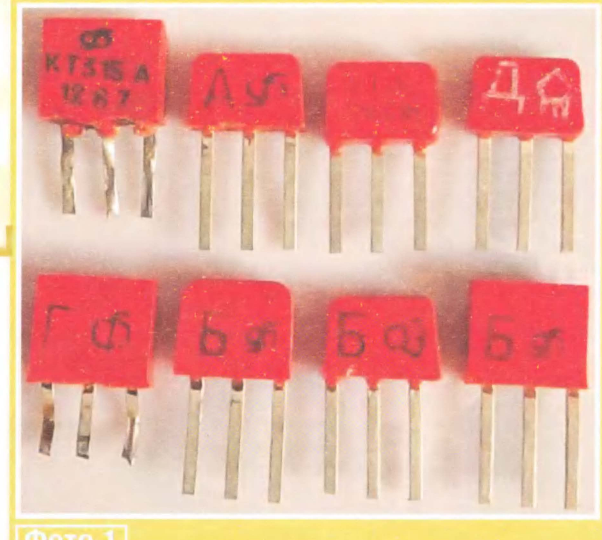


Фото 1

В своё время это был самый универсальный, массовый, дешёвый и с хорошими параметрами малогабаритный транзистор (**фото 1**). Так скажет любой радиолюбитель старшего поколения. И будет абсолютно прав.

Но этим практически исчерпывается вся объективная информация про него и историю его создания, которую можно найти на различных ресурсах. Поэтому, считая, что транзистор КТ315 заслуживает большего, начал искать материалы по теме. Именно потому, что массовый. Именно потому, что многие подростки стали радиолюбителями и радиоинженерами благодаря его доступности, некой элегантности и универсальности. Итак, история создания транзистора КТ315 в документах.

## Начало

Среди специалистов и просто интересующихся бытует легенда, что кто-то из руководителей Министерства электронной промышленности СССР (МЭП) прочитал в зарубежном тематическом журнале о поточном методе производства дешёвых транзисторов. С этого всё и началось. К сожалению, документального подтверждения этой теории мне найти не удалось.

Вместе с тем, несомненно, что выполнение работ по изучению зарубежного опыта и образцов полупроводниковых приборов решало основную задачу — сокращение стоимости разработки за счёт использования иностранных научно-технических материалов путём воспроизведения новых технологий, отдельных технологических процессов и образцов приборов.

В самом начале 1966 г. в Научно-исследовательском институте полупроводниковой электроники (НИИПЭ) была закончена большая работа по всестороннему обследованию различных типов транзисторов зарубежного производства в пластмассовом корпусе. Это и позволило составить техническое задание на комплексную разработку силами ряда предприятий МЭП первой в отечественной практике автоматической линии по производству планарных транзисторов в пластмассовом корпусе с резко сниженной стоимостью. Тему работы назвали "Поток" (**фото 2**).

Во исполнение решения коллегии Министерства электронной промышленности СССР от 3 июня 1966 г. и приказа МЭП № 225 от 28 апреля 1966 г. в целях создания высокопроизводительной линии для сборки и герметизации пластмассовых транзисторов массового применения с использованием метода непрерывной ленты 21 июня выходит приказ № 341 за подписью министра Александра Ивановича Шокина.

Приказом даётся указание директору Опытно-показательного завода полупроводников (будущий ФЗПП) Иванову до 31 декабря 1966 г. спроектировать и изготовить совместно с другими профильными организациями действующие макеты основных видов технологического оборудования для сборки и герметизации транзисторов с использованием метода непрерывной металлической ленты.

Главным конструктором разработки был назначен главный технолог ОПЗПП Федоренко Юлий Сергеевич. За основу разработки предписывалось взять конструкцию транзистора "Эпокси-Планар" французской фирмы Cisco.

— Кремниевые планарные транзисторы в пластмассовом корпусе (индекс -66/I2,2-65/33) воспроизводится по теме "Поток" (октябрь 1967 год).

Фото 2

I2. Главному инженеру Управления Главного механика и энергетика т. САРКИСОВУ через В/О Технопромимпорт решить вопрос о возможности закупки во Франции линии для производства транзисторов " Эпокси-планар".

Фото 3

В приказе перечисляются организации, привлечённые для выполнения. Это НИИПМ — в части разработки и изготовления конвейерной металлической ленты с механизмами перемотки, НИИПЭ, НИИ-596 и СКБПМ в части разработки и изготовления магнитных барабанов. Также ОКБМ-35 (в будущем — конструкторское бюро полупроводникового машиностроения) в части разработки механизмов укладки ножек в перфорированную ленту и припайки кристалла на ленту. КБ-5 — разработка агрегата термокомпрессии золотых выводов к кристаллу и входные устройства к нему, завод "Компонент" — для разработки и изготовления агрегата по прессованию пластмассовой ножки. НИИВОМ должен был разработать заливочный материал для герметизации транзисторов, приспособленный для осуществления операций заливки и перфорированной ленты.

Разработка кристалла транзистора поручается директору НИИПЭ Трутко Анатолию Фёдоровичу. Нужно было в месячный срок разработать конструкцию кристалла, пригодного для последующей механизации, систему электрических параметров, нормы на них и передать исходные данные и образцы ОПЗПП и другим соисполнителям работы.

Начальнику Центрального бюро применения и надёжности полупроводников до 1 сентября 1966 г. требовалось согласовать с основными потребителями Министерства радиопромышленности ТУ на вновь разрабатываемый транзистор, имея в виду его массовое применение в первую очередь в бытовой и промышленной аппаратуре. Главному технологу ОПЗПП Федоренко Юлию Сергеевичу надлежало в месячный срок разработать общее ТЗ, календарный план-график работы, определить степень участия организаций-соисполнителей в указанной работе, согласовать его с соисполнителями и предоставить на утверждение в министерство.

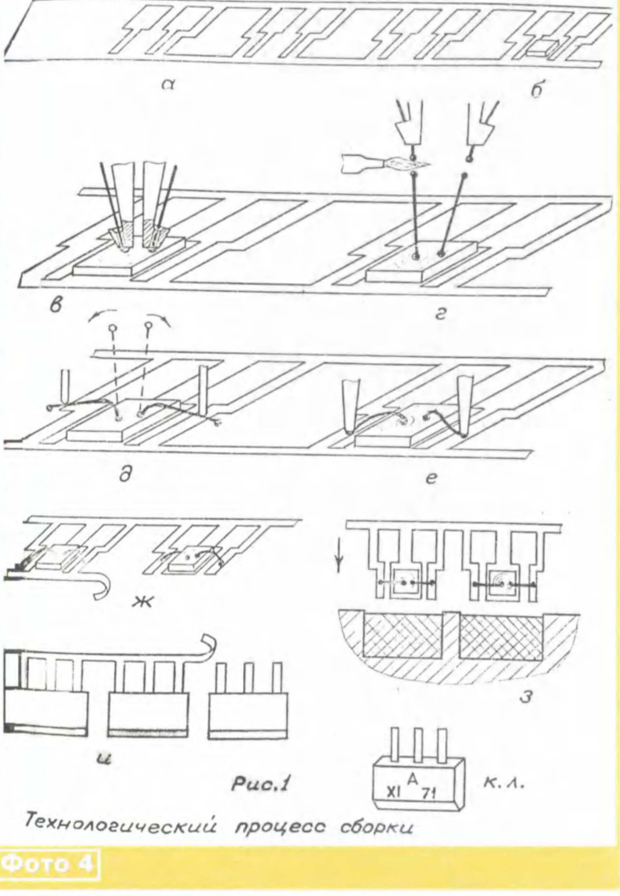


Фото 4

Отдельным пунктом значится задание главному инженеру Управления главного механика министерства проработать вопрос возможности закупки во Франции линии для производства транзисторов "Эпокси-планар" (**фото 3**).

## Разработка

Успешное решение поставленной задачи полностью обеспечивало народное хозяйство страны дешёвыми и надёжными транзисторами. Это стало возможно только в результате успешного и плотного сотрудничества всех вышеперечисленных организаций и ответственных лиц — инженеров соответствующего профиля.

Повторюсь, главным конструктором ОКР "Создание высокопроизводительной линии для сборки и герметизации пластмассой транзисторов массового применения с использованием метода непрерывной ленты", тема "Поток", был назначен Федоренко Юлий Сергеевич.

В основу процесса сборки был положен ленточный вариант с использованием многослойной ленты с полосчатым золочением, одновременно являющейся основой конструкции прибора. Суть технологического процесса состоит в том, что кремниевые кристаллы планарных транзисторов припаиваются к непрерывной ленте, проходящей на магнитных барабанах через отдельные

Приём статей: mail@radio.ru Вопросы: consult@radio.ru


технологические операции, последовательность которых показана на **фото 4**.

Основные операции: перфорирование многослойной ленты методом прецизионной штамповки (а); монтаж кристалла методом ультразвуковой пайки с образованием эвтектического сплава золото—кремний (б); присоединение золотых проволочных выводов к кристаллу, совмещённых по времени — одновременная термокомпрессия двмя капиллярами выводов с оплавленными шариками к кристаллу (в, г) и контактная сварка консольных выводов на ленте (д, е); контроль качества присоединения; подготовка ленты к герметизации — кассетирование участка отрезанной ленты (18 приборов) и удаление технологической перемычки со стороны кристалла (ж); групповая герметизация литьевым методом с использованием полимерного компаунда ЭКМ (з, и).

Таким образом, впервые в мировой практике была применена сборка транзисторов на многослойной ленте с полосчатым золочением, полученной методом непрерывного плакирования с последующей групповой герметизацией. Впервые в отечественной практике применён метод эвтектической пайки с ультразвуком, позволивший снизить технологическое время в десять раз и производить пайку кристаллов непосредственно на ленту без дополнительных припойных таблеток, в результате чего значительно улучшилось качество конечных приборов. На операции присоединения проволочных выводов впервые осуществлена групповая сварка двух контактов, совмещённых по времени. Сварка выполняется подогреваемыми рубиновыми капиллярами с подачей вибрации на изделие.

Обязанности среди коллектива разработчиков были распределены следующим образом.

**Федоренко Юлий Сергеевич** отвечал за работы по проведению анализа себестоимости выпускающихся кремниевых эпитаксиально-планарных транзисторов КТ312. Он показал, что обеспечение высокого процента выхода годных транзисторных структур, автоматизация и механизация сборочных процессов, замена металлостеклянного корпуса пластмассовым — единственный путь создания дешёвых полупроводниковых приборов. Он провёл анализ технологического процесса сборки транзисторов, применяемого фирмой General Electric (США). Определил его основные недостатки.

Совместно с коллегами И. М. Глазковым, Г. П. Кузьмичевым, Е. Е. Онегиным и другими соавторами работы выбрал метод, в котором лента выполняет как функции транспортирующего элемента, на котором ведётся сборка полупроводникового кристалла, так и одновременно является конструктивным элементом транзистора. В результате упрощается состав сборочного оборудования, отпадает необходимость изготавливать отдельно ножку из полимерного материала, как планировалось в самом начале. Герметизацию можно проводить непосредственно на ленте групповым методом. Плюс к этому, кристаллы транзисторов имеют небольшие габаритные размеры и удобны для плотного модульного монтажа с использованием импульсной пайки или сварки. Им проведён большой объём работ по координации всей ОКР и отработке всего технологического процесса производства, в том числе организации серийного производства на заводе ОПЗПП во Фрязино.

**Глазков Илья Михайлович** определил основное направление разработки в области создания технологического процесса и оборудования, в основу которых был положен метод поточной сборки на непрерывной ленте. Провёл анализ вариантов конструктивных решений и определил единый стиль разработки, которые позволили достичь большой степени унификации оборудования и обеспечили высокий технический уровень.

Совместно с Г. П. Кузьмичёвым, Е. Е. Онегиным и другими принял участие в разработке оригинальных конструкторских решений, защищённых авторскими свидетельствами СССР "Установка для приварки проволочных выводов" и "Микроманипулятор". Создал на предприятии мобильную научно-техническую и экспериментальную базы и организовал выполнение работ в сжатые сроки при высоком качестве, что значительно ускорило внедрение оборудования в промышленную эксплуатацию. Лично организовал оперативное освоение серийного производства уникального оборудования на ОПЗПП и впоследствии его внедрение на других предприятиях электронной промышленности.

**Гольдшер Абрам Иосифович** разработал геометрию транзисторной структуры, имеющую следующие особенности: расширенный базовый контакт для обеспечения стабильности коллекторного перехода, структура не требует ориентации в процессе сборки вследствие полной симметрии расположения контактных площадок, что позволило создать высокопроизводительное сборочное оборудование.

Разработал совокупность технологических режимов производства кремниевого эпитаксиально-планарного n-p-n транзистора. Провёл исследования, направленные на совершенствование диффузионных процессов. Взамен ранее существовавших методов диффузии была исследована диффузия бора "методом параллельного источника", разработан способ диффузии фосфора из хлорида фосфора ($PCl_3$) в непрерывном технологическом цикле (без предварительного окисления поверхности кремния), что повысило воспроизводимость диффузионных процессов и разброс величины поверхностного сопротивления от партии к партии не превышал 3,5 %. Ранее разброс был 10 %.

Впервые в отечественной полупроводниковой промышленности использовал кристалл размерами 0,5×0,5 мм, что дало возможность на кремниевой пластине диаметром 32 мм (в 1966 г.) расположить более 2000 транзисторных структур.

Провёл комплекс технологических работ, обеспечивающий высокий процент выхода годных структур до 70 %, в то время как на аналогичных транзисторах серий КТ312 и КТ319 выход годных был около 45 %, а также большой комплекс работ по исследованию принципиальных вопросов защиты полупроводникового кристалла полимерными материалами. На основании проведённых экспериментов совместно с Петром Ивановичем Шведом были выбраны материалы, обеспечивающие высокую надёжность транзисторов серии КТ315.

Остаётся добавить, что результаты исследования надёжности первого отечественного транзистора в пластмассовом корпусе были доложены Абрамом Иосифовичем на отраслевых конференциях в 1968 и 1969 гг., которые были опубликованы в ведомственной печати. Это вызвало у разработчиков как радиоэлектронной аппаратуры, так и полупроводниковых приборов неподдельный интерес к приборам в пластмассовом корпусе. Экспериментальные результаты, полученные при разработке первого отечественного транзистора в пластмассовом корпусе КТ315, легли в основу последующих разработок приборов, герметизированных полимерными материалами, включая и микросхемы.

Им был также проведён большой объём работы по выяснению организаций, заинтересованных в применении этих транзисторов. Установлено с ними тесное научно-техническое сотрудничество, что дало возможность более полно учесть их дополнительные требования в процессе разработки прибора, провести обследование транзисторов в аппаратуре. Это значительно ускорило процесс массового внедрения транзисторов КТ315 в различную радиоэлектронную аппаратуру. Достаточно сказать, что первые образцы транзисторов КТ315 нашли применение в опытной партии телевизоров "Вечер" (завод им. Козицкого) ещё в июне 1967 г., т. е. за полгода до окончания сдачи ОКР "Поток".

**Колмогоров Георгий Дмитриевич** (в те годы руководитель ОПЗПП) проанализировал технико-экономические показатели производства кремниевых и германиевых маломощных транзисторов на отечественных предприятиях и за рубежом и наметил перспективные показатели планируемого производства. Согласовал ТЗ на комплект оборудования и разработку транзисторов для механизированной сборки. Организовал опытное, а затем и серийное производство транзисторов серии КТ315 на предприятии. Проанализировал основные технологические режимы и электрические параметры структур, дал рекомендации по их корректировке. Результаты этих работ опубликовал в ведомственном сборнике.

Организовал научно-техническое сотрудничество с предприятиями-соисполнителями по модернизации оборудования с учётом опыта эксплуатации, отработки технологии изготовления многослойной ленты и основы компаунда ЭКМ, изготовления эпитаксиальных плёнок. На предприятии разработана и внедрена в производство необходимая технологическая оснастка, включая кассеты-спутники, магнитные барабаны, литформы и упаковочная тара.

Георгий Дмитриевич принимал самое непосредственное участие во всех работах, связанных с планированием, размещением и запуском в эксплуатацию всех участков основного и вспомогательного производств и внёс существенный личный вклад в сокращение сроков освоения транзисторов КТ315. Только за начальный период освоения (1967—1971 гг.) процент выхода годных приборов вырос с 8 до 50 %, себестоимость снизилась с 2 руб. 47 коп. до 21 коп. за штуку. Общий экономический эффект серийного освоения на указанный период превысил 21 млн рублей.

**Швед Пётр Иванович**, под его руководством и при его непосредственном активнейшем участии разработаны: технологическая схема защиты и герметизации полупроводниковых приборов пластмассами; пассивирующий состав МБФ; герметизирующий компаунд ЭКМ; промышленная технология пассивации и герметизации пластмассами транзисторов, а также промышленная технология производства силиконовых заливочных форм для герметизации приборов в пластмассовых корпусах, обеспечивающие высокую стабильность параметров и надёжность приборов.

Перечисленные работы являются важным вкладом в создание первой в отрасли серии транзисторов в пластмассовом корпусе и в организации серийного производства таких и аналогичных приборов в стране. На базе работ, выполненных Петром Ивановичем по герметизации полупроводниковых приборов пластмассами, уже к началу 70-х годов разработали 21 тип полупроводниковых приборов, производство которых организовали на 14 предприятиях отрасли.

**Кузьмичёв Геннадий Павлович** провёл на высоком уровне инженерно-

ПРЕСС-АВТОМАТ ПРЕДНАЗНАЧЕН ДЛЯ ПЕРФОРИРОВАНИЯ ЛЕНТЫ. ИСПОЛЬЗУЕТСЯ В СОСТАВЕ ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ТРАНЗИСТОРОВ ТИПА КТ-315 В ПЛАСТМАССОВОМ КОРПУСЕ.



Фото 5

УСТАНОВКА ДЛЯ ПРИСОЕДИНЕНИЯ КРИСТАЛЛОВ

ЭМ-409

УСТАНОВКА ПРЕДНАЗНАЧЕНА ДЛЯ МОНТАЖА КРИСТАЛЛОВ НА ЗОЛОЧЕНУЮ ЛЕНТУ МЕТОДОМ ЭВТЕКТИЧЕСКОЙ ПАЙКИ С УЛЬТРАЗВУКОМ. ИСПОЛЬЗУЕТСЯ В ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТРАНЗИСТОРОВ КТ-315 В ПЛАСТМАССОВОМ КОРПУСЕ.

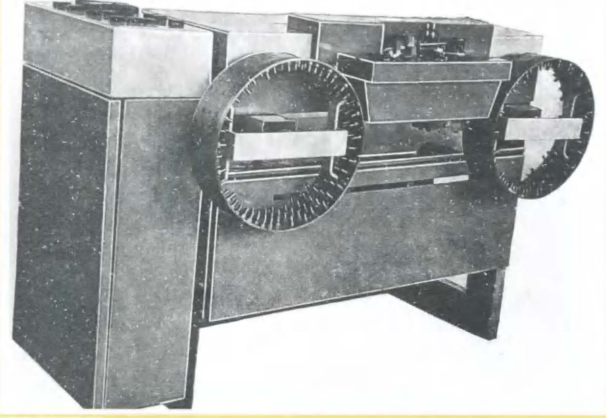


Фото 6

УСТАНОВКА ДЛЯ ПРИСОЕДИНЕНИЯ ВЫВОДОВ

ЭМ-410

УСТАНОВКА ПРЕДНАЗНАЧЕНА ДЛЯ МЕХАНИЗИРОВАННОГО ПРИСОЕДИНЕНИЯ ОДНОВРЕМЕННО ДВУХ ЗОЛОТЫХ ПРОВОЛОЧНЫХ ВЫВОДОВ К КРИСТАЛЛУ СПОСОБОМ ОПЛАВЛЕННОГО ШАРИКА И ВНЕШНИМ ВЫВОДАМ ТРАНЗИСТОРОВ КОНТАКТНОЙ СВАРКОЙ. ИСПОЛЬЗУЕТСЯ В ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТРАНЗИСТОРОВ КТ-315 В ПЛАСТМАССОВОМ КОРПУСЕ.

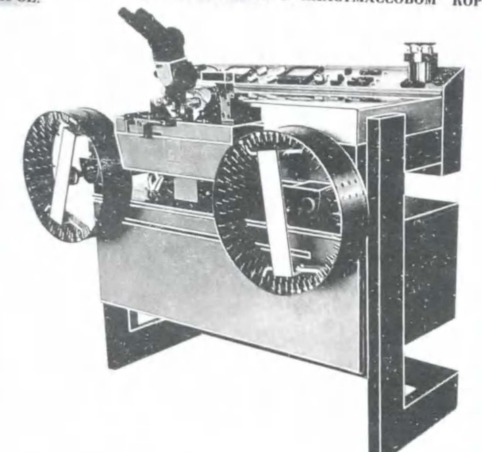


Фото 7

УСТАНОВКА ЗАЛИВКИ КОМПАУНДА

УСТАНОВКА ПРЕДНАЗНАЧЕНА ДЛЯ ЗАЛИВКИ ФОРМ КОМПАУНДОМ ТИПА ЭКМ ПРИ ГРУППОВОЙ ГЕРМЕТИЗАЦИИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ В ПЛАСТМАССОВЫЙ КОРПУС НА УЧАСТКАХ ЛЕНТЫ.



Фото 8

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

технический анализ прогрессивных технологических процессов и конструкций оборудования лучших зарубежных фирм, обеспечив разработку технологического процесса и комплекта сборочного оборудования на уровне решения перспективной задачи — массового выпуска дешёвых транзисторов для радиоэлектронной аппаратуры.

Предложил основные конструктивные решения прецизионных систем, обеспечивающих разработку микросварочного оборудования с показателями на уровне лучших мировых брендов, а в ряде случаев и превосходящих их. Принимал непосредственное участие в разработке сложных функциональных устройств:

— установки ультразвуковой пайки (700 кристаллов/час) на ленту ЭМ-409;

— установки группового присоединения выводов ЭМ-410 (1440 сварок/час).

— пресс-автомата ЭМ-704.

Послужил развитию уровня отечественного сборочного оборудования и в последующих разработках. Пресс-автомат ЭМ-704 может обеспечить работу 10 линий сборки. С 1969 г. началось серийное производство всего оборудования.

Возглавлял и лично участвовал в отладке и запуске опытных образцов оборудования в производственных условиях на ОПЗПП (**фото 5—фото 8**).

Таблица

| №№ пп. | Тип телевизора | Кол. транз. КТ3I5 в одном телевиз. | Общее кол-во транзисторов КТ-3I5 примененных в телевизионной отрасли в I972г. / млн. штук / |
|---|---|---|---|
| I. | "Темп-209" | 4 | 2,5 |
| 2. | "Ладога-205-206" | 6 | |
| 3 | "Электрон-205" | 7 | |
| 4 | "Юность-2" | 9 | |
| 5 | "Электрон-2I5" | I4 | |
| 6 | "Радуга-70I" | 24 | |
| 7 | "Радуга-703" | 24 | |
| 8 | "Электрон-70I" | 23 | |
| 9 | "Электрон-703" | 23 | |
| | и другие. | | |

Фото 9


УЧАСТОК ПРИСОЕДИНЕНИЯ КРИСТАЛЛОВ И ПРОВОЛОЧНЫХ ВЫВОДОВ НА УСТАНОВКАХ ЭМ-409, ЭМ-410

Фото 10


КОНВЕЙЕРНАЯ ЛИНИЯ ОБЪЕДИНИЛА В ЕДИНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЦИКЛ ОПЕРАЦИИ:

подготовка ленты к герметизации,
обрезка технологической кромки,
фиксация держателя,
дозированная заливка компаунда,
групповая герметизация,
полимеризация компаунда,
разгрузка форм.

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ 1800 шт./час.
ПОТРЕБЛЯЕМАЯ МОЩНОСТЬ 12 квт.
ОБСЛУЖИВАЮЩИЙ ПЕРСОНАЛ 6 ЧЕЛОВЕК.

Фото 12


УЧАСТОК СОРТИРОВКИ ГОТОВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ НА КЛАССИФИКАТОРАХ КТ2-12

Фото 11

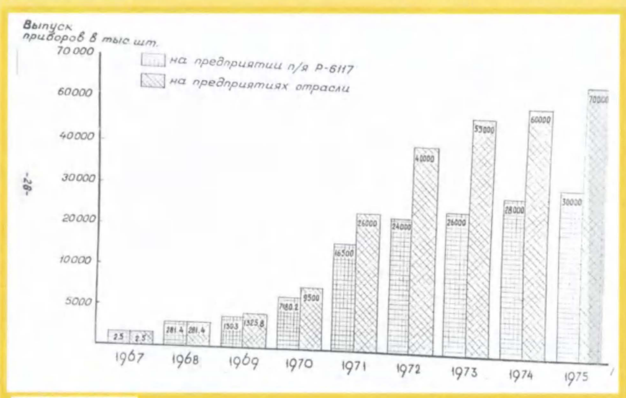



Фото 13

П Л А Н

по разработке новых полупроводниковых приборов в пластмассовых корпусах и переводу серийно выпускаемых приборов на герметизацию с помощью пластических масс в 1968–1970гг.

| № пп | Тип прибора | Предприятие-разработчик | Срок окончания разработки | Предприятие-изготовитель | Срок серийного или опытного производства | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1. | Стабилитрон Д814 | НЗПП г.Новосибирск | 1968г. | НЗПП | 1969г. | |
| 2. | Выпрямительный столб "Песня-П" | ТЗЭТ им. Ленина гор.Ташкент | -"- | -"- | -"- | |
| 3. | Маломощный кремниевый транзистор КТ301 | ВЗПП г.Воронеж | -"- | ВЗПП | -"- | |
| 4. | Кремниевый в.ч. транзистор средней мощности КТ603 | -"- | 1969г. | ВЗПП | 1970г. | |
| 5. | Кремниевый высоковольтный транзистор "Память" | -"- | -"- | -"- | -"- | |
| 6. | Диодная сборка "Плато-I" | НИИППС | 1968г. | ~~Опытный~~ завод при НИИППС | 1969г. | |
| 7. | Диодная матрица "Печать" | -"- | 1968г. | -"- | 1969г. | |
| 8. | Диодная матрица "Протоплазма" | -"- | 1968г. | -"- | 1969г. | |

Фото 14

| № пп | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 9. | Смесительный диод "Клубника" | НИИППС | 1968г. | ~~Опытный~~ завод при НИИППС | 1969г. | НИ[illegible] |
| 10. | Варикап "Премьера" | -"- | -"- | -"- | -"- | |
| 11. | Варикап "Профиль" | -"- | -"- | -"- | -"- | НИ[illegible] |
| 12. | Переключательный p-i-n диод "Камин" | НИИППС ТЗПП г.Томилино | 1969г. | ТЗПП | 1969г. | НИ[illegible] |
| 13. | Импульсный диод "Плющ-IУ" | МЗПП г.Минск | 1969г. | МЗПП | 1970г. | |
| 14. | Стабилитрон "Сура" | СЗПП г.Саранск | 1969г. | СЗПП | 1970г. | |
| 15. | Элионные диодные матрицы "Поток-68" | НИИПЭ | 1969г. | НИИПЭ и ФЗПП | 1969г. | |
| 16. | Мощный кремниевый транзистор "Пластик" | НИИПЭ ФЗПП г.Фрязино | 1968г. | ФЗПП | 1969г. | |
| 17. | Мощный СВЧ транзистор "Познание-П" | НИИПЭ | 1969г. | ВЗПП | 1970г. | |
| 18. | Мощный СВЧ транзистор "Продолжение" | НИИПЭ и ВЗПП | 1969г. | -"- | 1970г. | |
| 19. | Мощный СВЧ транзистор "Платина" | -"- | 1969г. | -"- | 1970г. | |
| 20. | Маломощный германиевый транзистор ГТ322 | завод "Транзистор" г.Минск НИИПЭ | 1969г. | завод "Транзистор" | 1970г. | |

Фото 15

П Л А Н

выпуска полупроводниковых приборов в пластмассовой и эпоксидной герметизации на 1968 – 1970 гг.

в тыс. шт.

| № пп | Прибор (типовой представитель) | Завод – изготовитель | 1968г. | 1969г. | 1970г. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1. | Выпр.столб по типу Д1004-1008 | ТЗПП (Томилино) | 323,0 | 370,0 | 450,0 |
| 2. | Выпр.столб по типу Д1009-1011 | -"- | 1230,0 | 1500,0 | 1700,0 |
| 3. | Выпр.устройство по типу КЦ 401 | -"- | 820,0 | 860,0 | 1150,0 |
| 4. | Выпр.диод по типу Д226 | ТЗПП (Томилино) | - | 6000,0 | 15000,0 |
| | | ТЗЭТ (Ташкент) | - | - | 5000,0 |
| | | АЗПП (Абовян) | - | - | 5000,0 |
| 5. | Импульсный диод по типу 2Д103А | ХЗПП (Херсон) | 408,0 | 650,0 | 850,0 |
| | | О.З. НИИППС | 350,0 | 300,0 | 300,0 |
| | | О.З. НИИПП г.Томск | 232,0 | 100,0 | 100,0 |
| 6. | Выпр.диод по типу 2Д102А | О.З. НИИППС | 12,0 | 100,0 | 200,0 |
| 7. | Диодные матрицы по типу "Пульпа" | НЗПП (Новосибирск) | 1000,0 | 1400,0 | 2200,0 |
| | | О.З. НИИППС | 1800,0 | 1800,0 | 1800,0 |
| 8. | Транзистор по типу 2Т319 | ФЗПП (Фрязино) | 4535,0 | 5250,0 | 8500,0 |
| | | НЗПП (Нальчик) | - | - | 1600,0 |
| | | КЗПП (Киев) | - | 1300,0 | 2300,0 |
| 9. | Транзистор по типу КТ315 | ФЗПП (Фрязино) | 1000,0 | 5500,0 | 6500,0 |
| | | НЗПП (Нальчик) | - | - | 1500,0 |
| | | КЗПП (Киев) | - | 1000,0 | 7000,0 |

Фото 16

3. Лабораторный образец ЭВМ содержит следующие основные радиокомпоненты:

| | |
|---|---|
| транзисторы типа КТ315 | - 480 шт.; |
| транзисторы типа КТ315 с отклонениями от ТУ (высоковольтные) | - 140 шт.; |
| транзисторы типа ГТ309 | - 41 шт.; |
| диоды типа Д9 | - 1395 шт.; |
| диоды типа Д220 | - 140 шт.; |
| резисторы типа С2-22-0,125 ± 10% (или МЛТ-0,25 ±10% ) | - 2,235 шт.; |

Фото 17

**Онегин Евгений Евгеньевич** руководил рядом исследовательских и экспериментальных работ по выбору новых технологических процессов микросоединений. Лично участвовал в проведении расчётов, разработке конструкции и технологии производства высокостойкого рубинового и твёрдосплавного инструмента. Успешное завершение этой работы сыграло важную роль и для отрасли в целом.

**Снедовский Эдуард Иванович**, старший технолог цеха Фрязинского завода полупроводников. Непосредственно организовал серийный выпуск транзисторов КТ315. Отлаживал технологию производства и давал рекомендации по усовершенствованию производственного оборудования.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

## Производство

Труд такого большого и талантливого коллектива в весьма сжатые сроки дал замечательные результаты. На опытном заводе НИИПЭ и ОПЗПП в конце 1967 г. началось серийное производство полупроводникового прибора, не уступающего по своим параметрам большинству маломощных зарубежных приборов. До конца указанного года на указанных предприятиях были произведены по 2500 шт. опытных транзисторов. Все заинтересованные организации начали испытания и макетирование с их использованием. Более всего разработчики аппаратуры удивились выдающимся параметрам к воздействию внешних механических нагрузок. Транзисторы КТ315 значительно превосходили по этим параметрам приборы в металлостеклянном корпусе. Предел прочности при воздействии линейных ускорений составлял более 36000 g, ударных нагрузок — более 25000 g, вибрационных — более 500 g. Разработанный транзистор, начиная с 1968 г., нашёл применение в радиовещательных приёмниках "Селга", "Геолог", "Альпинист", "Аккорд-Стерео", телевизорах "Радуга", "ЦТ-100", "Темп", "Электрон", "Горизонт". Практически сразу начались поставки в страны СЭВ (**фото 9**).

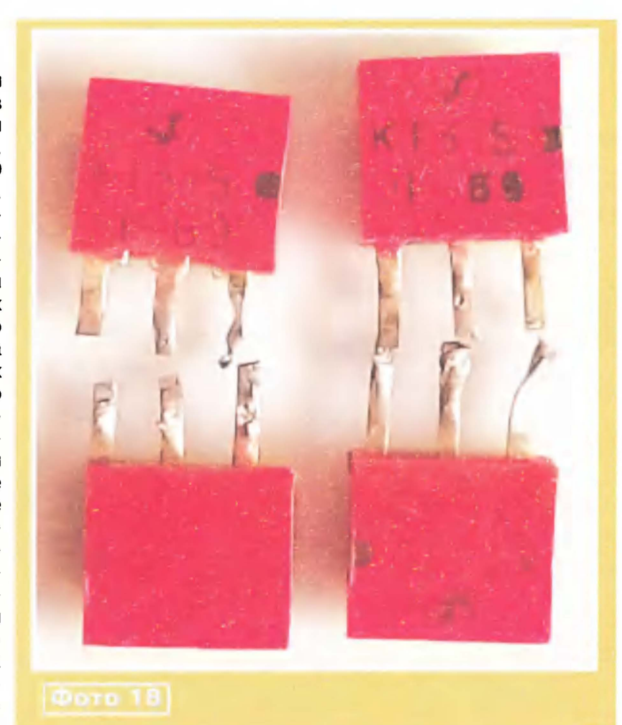


Фото 18

6.В целях дальнейшего расширения применения транзисторов в пластмассовом корпусе директору НИИПП т. Богомякову организовать в 1971 г. на ~~опытном~~ заводе при НИИПП производственный участок по выпуску парных к КТ315 транзисторов с Р-Н-Р структурой, разрабатываемых по теме "Тритон".

Фото 19

В процессе организации массового производства был проведён большой объём работ по совершенствованию технологических процессов:

— исследована и внедрена технология диффузии бора в вакууме в однозонной диффузионной печи, дающей возможность одновременно обрабатывать 80—100 пластин;

— с целью исключения растравливания в процессе фотолитографии использован фоторезист на основе нового продукта № 333, введена двухступенчатая сушка при повышенных температурах;

— оптимизирована топология транзисторной структуры, дающая возможность снизить брак по обратному току коллекторного перехода с 15 % до 1...2 %;

— сведены в единое поточное производство операции подготовки ленты к герметизации, обрезка кромки, центровка, герметизация;

— заменены формы из дорогой силиконовой резины на полипропиленовые, стойкость которых в 50 раз выше;

— разработан дозатор групповой заливки компаунда;

— взамен полиэтиленовой плёнки применена возвратная упаковочная тара. Загрузка транзисторов производиться с помощью вибратора и достигает 40000 в смену на одном рабочем месте.

Все эти меры позволили в итоге резко сократить себестоимость транзисторов. Расширялась и производственная база. Производство постепенно налаживалось в Киеве, Нальчике, Томске и Новосибирске (**фото 10— фото 12**).

За период с 1968 г. по 1971 г. было выпущено 37110000 транзисторов КТ315. Транзисторы этой серии были универсальными приборами, обладающими отличными импульсными параметрами, и в то же время с успехом могли использоваться в линейных усилительных устройствах в диапазоне частот до десятков мегагерц. Создание прибора с качественно новыми стабильными параметрами позволило произвести замену целой гаммы германиевых транзисторов серий МП25, МП26, МП36, МП42, П416, П422, П423. Были разработаны термостабильные узлы, достаточно простые в налаживании и регулировке, что удешевило бытовую аппаратуру и повысило её надёжность. Приведённые особенности и достоинства КТ315, наряду с его низкой стоимостью (25 коп. на конец 70-х годов прошлого века), обеспечили его популярность и широкое распространение в бытовой аппаратуре и в радиолюбительской среде. Но самым массовым потребителем (**фото 13**) новых транзисторов в те годы оказалась отечественная вычислительная техника — ЭВМ "Электроника-С2", "Электроника-ДД" и БЭСМ-6.

В Польше наладили производство КТ315 по нашей лицензии, а такие страны, как Англия, Голландия, ГДР, ЧССР, Франция, ФРГ, Канада закупали их в больших количествах.

На базе разработанного техпроцесса и конструкции КТ315 многие разработанные и создаваемые вновь полупроводниковые приборы перевели в пластмассовые корпуса. Планы перевода на тот период времени приборов "в пластмассу" иллюстрируют **фото 14—фото 16**.

В 1973 г. всем активным участникам этого замечательного коллектива талантливых разработчиков за создание легендарного транзистора КТ315 была присвоена Государственная премия СССР.

## Заключение

В ноябре 1968 г. Казанским заводом радиокомпонентов была выпущена первая опытная партия ЭВМ "Электроника ДД". В одной машине использовалось 620 транзисторов серии КТ315 (**фото 17**). Но дешёвых высоковольтных транзисторов для управления газоразрядными индикаторами не было. В связи с этим были проведены исследования по определению возможности выборки таких транзисторов из партии транзисторов КТ315. В результате оказалось, что предъявленным требованиям удовлетворяет часть транзисторов, не соответствующая нормам действующих ТУ. С заводом-изготовителем (уже ФЗПП) согласовали вопрос о поставке этих приборов для комплектации ЭВМ, для опытной партии — по утверждённому протоколу отклонений от ТУ, при серийном производстве — по специальным ТУ. Реализация таких транзисторов позволила заводу повысить процент выхода не менее чем на 10 %. Попутно отмечу, что эти "некондиционные" приборы стали пользоваться большим спросом у других производителей аппаратуры с газоразрядными индикаторами. Собственно, точка в маркировке вместо букв и означала принадлежность прибора к высоковольтной "некондиционной" группе (**фото 18**).

В заключение остаётся только сказать, что согласно приказу МЭП № 297 от 27 августа 1970 г. НИИПП (г. Томск) получил задание на производство транзисторов серии КТ361 (**фото 19**).

Вот такая большая и яркая судьба маленького транзистора!

# Модуль ACS712 в устройствах защиты по току

*И. НЕЧАЕВ, г. Москва*

***В статье описаны устройства токовой защиты на основе модуля ACS712 для цепей как переменного, так и постоянного тока.***

Модуль ACS712 (**рис. 1**) представляет собой датчик постоянного и переменного тока [1], основа которого — одноимённая микросхема серии ACS712 [2]. Эта микросхема, как и модуль, выпускается в трёх вариантах, отличающихся максимальным значением контролируемого тока — 5 А, 20 А и 30 А. Выходной сигнал модуля — напряжение, крутизна преобразования тока в напряжение зависит от варианта и равна 185 мВ/А, 100 мВ/А и 66 мВ/А соответственно. Номинальное напряжение питания — 5 В. При отсутствии тока в измеряемой цепи на выходе модуля присутствует напряжение, равное половине напряжения питания, точнее 2,47 В. Несомненные преимущества модуля — гальваническая развязка входной и выходной цепей и малое сопротивление цепи измерения тока — 1,2 мОм. Один из недостатков — чувствительность к внешнему магнитному полю.

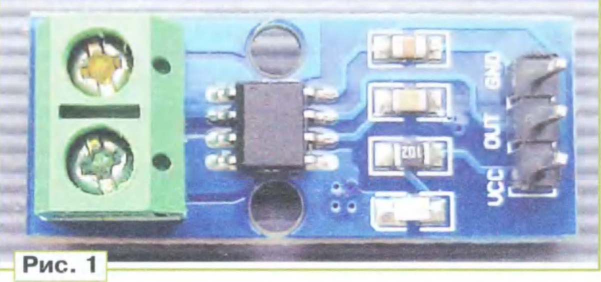



Рис. 1

На основе модуля ACS712 можно сделать устройство для измерения как переменного, так и постоянного тока, устройство защиты по току или комбинированное устройство, сочетающее обе эти функции. Об одном таком устройстве защиты, а также об устройстве микросхем серии ACS712 было рассказано в [3].

Для построения устройства защиты по току на модуле ACS712 потребуются, по крайней мере, пороговое устройство, элемент памяти и мощный ключ. Схема такого устройства для подключения в цепь переменного тока показана на **рис. 2**. Для питания модуля A1 ACS712 применён выпрямитель на диоде VD1 и сглаживающем конденсаторе C1, а также стабилизатор напряжения на микросхеме DA1. Пороговое устройство — компаратор — собрано на ОУ DA2.1. Элемент памяти — маломощный чувствительный тиристор VS1 серии CR02AM [4], а электронный ключ — на полевых транзисторах VT1, VT2. Светодиод HL1 служит индикатором состояния устройства. Поскольку выходное напряжение выпрямителя используется для управления полевыми транзисторами, установка стабилитрона VD3 с напряжением стабилизации 18...20 В (1N4746, 1N4747) потребуется, если это напряжение превысит 20 В.

Работает устройство так. При протекании переменного тока через измерительную цепь модуля на его выходе, кроме постоянного напряжения, присутствует переменная составляющая, амплитуда которой зависит от амплитуды измеряемого тока. Переменную составляющую выпрямляет диод VD2, пульсации сглаживает конденсатор C3. Одновременно резистор R1 и конденсатор C3 обеспечивают задержку срабатывания устройства. Она может быть необходима, если в измеряемой цепи присутствуют мощные импульсные помехи или кратковременные безопасные броски тока. Образцовое напряжение для компаратора поступает с движка подстроечного резистора R3, с его помощью устанавливают порог срабатывания устройства.

В исходном состоянии на выходе ОУ присутствует низкий уровень напряжения, поэтому тиристор VS1 закрыт и постоянное напряжение с выхода выпрямителя через резистор R5 и светодиод HL1 поступает на затворы транзисторов VT1, VT2. В результате они открываются, и переменное напряжение поступает на нагрузку. Когда порог будет превышен, на выходе ОУ появится напряжение около 4 В, и тиристор откроется. Напряжение на нём станет менее 2 В, поэтому транзисторы закроются, и нагрузка будет обесточена. Одновременно за счёт протекающего через тиристор тока станет светить светодиод HL1, сигнализируя о том, что устройство отключено от питающего напряжения. Светодиод должен быть обязательно красного свечения, поскольку на нём минимально возможное падение напряжения. Для возвращения устройства в исходное состояние надо кратковременно нажать на кнопку SB1. При этом тиристор VS1 закроется и светодиод погаснет.

Все элементы устройства смонтированы на печатной плате из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм. Её чертёж показан на **рис. 3**. Печатная плата рассчитана на модуль ACS712 с максимальным током до 5 А. При использовании более сильноточных модулей печатные проводники, по которым протекает ток нагрузки, надо "умощнить", напаяв на них отрезки толстого медного провода. Вид смонтированной платы показан на **рис. 4**.

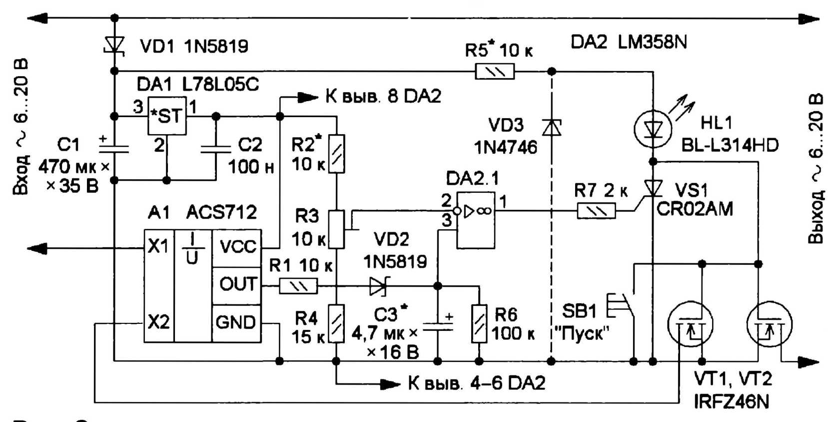
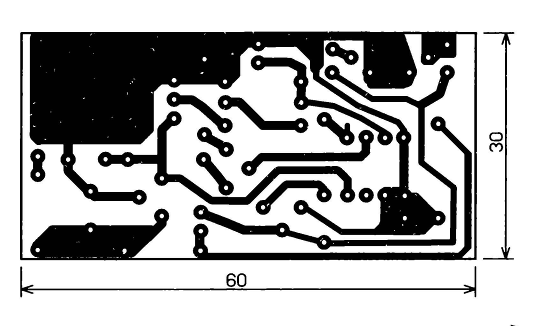



Рис. 2



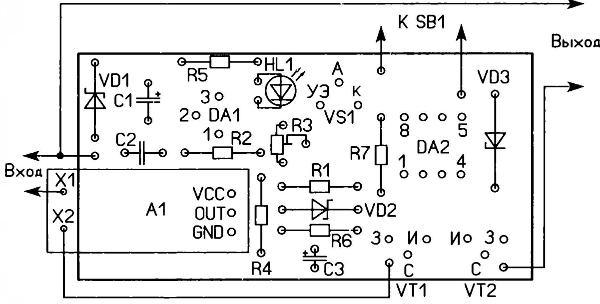
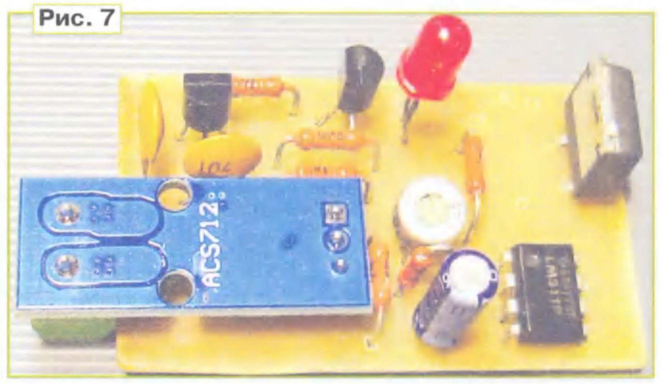




Рис. 3



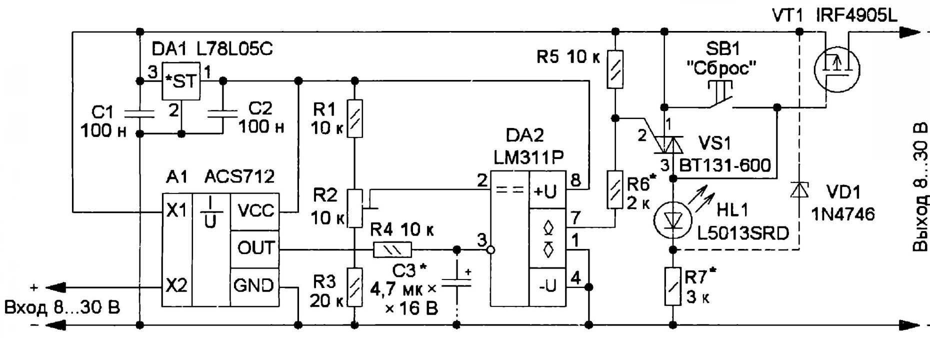




Рис. 5

В устройстве применены постоянные резисторы МЛТ, С2-23, подстроечный — RM-065, СП3-19, оксидные конденсаторы — К50-35 или импортные, остальные — керамические или плёночные. Диод VD1 — маломощный выпрямительный или импульсный Шоттки. При входном напряжении более 8 В можно применить обычный выпрямительный кремниевый диод. Взамен CR02AM можно применить аналогичный тиристор серии MCR100. Полевые транзисторы — с n-каналом, рассчитанные на ток нагрузки, с напряжением открывания не менее 2 В и минимально возможным сопротивлением открытого канала. Кнопка SB1 — любая с самовозвратом.

При небольшом входном напряжении, возможно, придётся подобрать резистор R5, чтобы после включения тиристора ток через него превысил ток удержания. Резистором R2 можно изменить интервал регулировки порога срабатывания. Задержку при срабатывании устройства защиты можно изменить подборкой конденсатора С3.

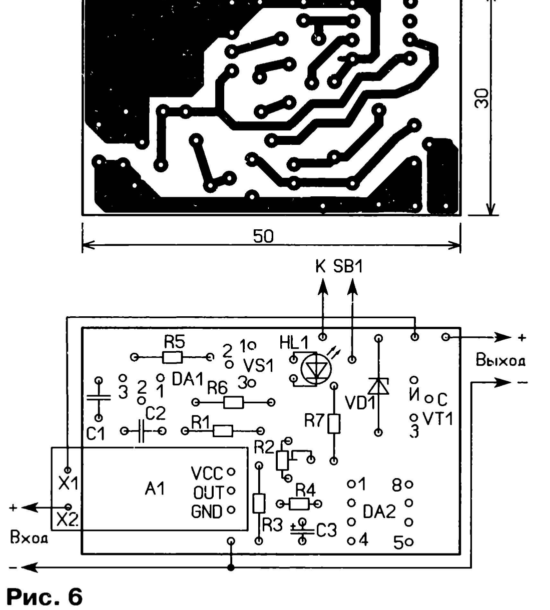



Рис. 6

Чем больше ёмкость, тем больше задержка. Элементы выпрямителя R1, R6, VD2, С3 на выходе модуля можно не устанавливать, соединив неинвертирующий вход (вывод 3) ОУ DA2.1 с выходом модуля А1. В этом случае устройство будет срабатывать максимально быстро при превышении амплитудой переменной составляющей порогового значения. Устройство может работать и при большем входном напряжении, для этого надо обязательно установить стабилитрон VD3, а конденсатор С1 и микросхема DA1 должны быть рассчитаны на это напряжение.

Это устройство можно использовать для защиты и в цепях постоянного тока. При этом подойдёт печатная плата, чертёж которой показан на рис. 3. При этом диоды VD1, VD2 и транзистор VT1 (сток—исток) заменяют проволочными перемычками, резистор R6 не устанавливают, резистор R4 должен иметь сопротивление 20 кОм, ёмкость конденсатора С1 можно уменьшить до 100 нФ. Входную токоизмерительную цепь модуля ACS712 можно включить в любую линию питания.

При использовании предыдущего устройства в цепи постоянного тока коммутирующий полевой транзистор установлен в минусовой линии питания, что может быть не всегда удобно. Чтобы включить коммутирующий элемент в плюсовую линию питания, потребуется применить мощный полевой транзистор с p-каналом, другой ком-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

паратор, а взамен тиристора применить симистор. Схема такого устройства защиты показана на **рис. 5**. Здесь токоизмерительная цепь модуля ACS712 также включена в плюсовую линию питания. Другие отличия заключаются в том, что применён компаратор серии LM311, у которого в выходном каскаде установлен биполярный n-p-n транзистор с открытым коллектором, а взамен тиристора применён симистор, который открывается при любой полярности приложенного напряжения. В этом случае применён маломощный чувствительный симистор BT131-600 [5].

Работает устройство аналогично описанному выше, все регулировки проводят также аналогично. Чертёж печатной платы этого устройства показан на **рис. 6**, а смонтированная плата показана на **рис. 7**.

ЛИТЕРАТУРА


1. ACS712 Current Sensor. — URL: **https://clck.ru/33BVTf** (08.01.23).

2. ACS712. — URL: **https://clck.ru/33BVa5** (08.01.23).

3. **Лазарев В.** Защита по току на микросхеме ACS712. — Радио, 2022, № 3, с. 31.

4. CR02AM. SCRs. — URL: **https://clck.ru/33CFDJ** (08.01.23).

5. BT131-600. Sensitive Gate Triacs. — URL: **https://clck.ru/33CGdB** (08.01.23).


*__От редакции__. Чертежи печатных плат находятся по адресу __http://ftp.radio.ru/pub/2023/02/zash.zip__ на нашем FTP-сервере.*



# Комбинированный блок питания для радиоприёмника "ВЭФ-202"


*__В. СТЕПАНОВ, г. Егорьевск Московской обл.__*



***Радиоприёмники рижского завода ВЭФ были очень популярны. Носимые модели "ВЭФ-12", "ВЭФ-201", "ВЭФ-202" и их экспортные аналоги модели "VEF-204" и "VEF-206" выпущены в большом количестве. Их популярность обеспечили высокие технические параметры, проработанная конструкция, привлекательный дизайн и хорошее качество изготовления. В настоящее время много таких радиоприёмников ещё находятся в эксплуатации. В статье приводится описание комбинированного блока питания для радиоприёмника "ВЭФ-202" и аналогичного.***


Штатный встроенный источник питания радиоприёмника "ВЭФ-202" — батарея из шести гальванических элементов типоразмера 373. Полноценному использованию таких радиоприёмников препятствует отсутствие встроенного сетевого блока питания (БП). На заводе-изготовителе был разработан блок питания для установки в отсек взамен батареи гальванических элементов. Этот блок питания выпускался небольшой серией, поэтому они были ещё дефицитнее радиоприёмников. Многие радиолюбители изготавливали сетевые блоки самостоятельно, но тоже в аналогичном заводскому варианте, для установки в батарейный отсек. В последующих разработках — "ВЭФ-214" и "ВЭФ-317" выпрямители для питания от электросети уже встраивали в приёмник.

Батарея элементов типоразмера 373 имела большую ёмкость и обеспечивала автономную работу приёмника в течение не менее 150 ч (с. 31 в [1]) при потребляемой мощности 0,5 Вт [2]. В то же время некоторые модели аналогичных радиоприёмников, сходные по схеме, комплектовались элементами меньшего типоразмера, например 316. Это, например, близкий схемный аналог "ВЭФ-202" — радиоприёмник "Банга", а также некоторые другие. Соответственно продолжительность их работы от одного комплекта гальванических элементов была меньше.

В настоящее время для автономного питания электро- и радиоприборов массовое распространение получили элементы типоразмера R6 (AA). Их типоразмер соответствует элементам 316, но энергетические параметры лучших из них значительно превосходят параметры элементов 316 выпусков 60—80-х годов [3] и приближаются к параметрам элементов 373 выпуска этих годов. Батарею из современных качественных элементов типоразмера AA вполне можно применить в радиоприёмнике "ВЭФ-202" и аналогичных, при этом они обеспечат длительную работу приёмника в автономном режиме. Кроме того, для питания можно применить и Ni-Mh аккумуляторы такого же типоразмера ёмкостью до 2,8 А•ч, если, конечно, изменить конструкцию батарейного отсека.

Разработанный БП по своим размерам соответствует отсеку для батареи питания в радиоприёмниках "ВЭФ-12", "ВЭФ-201", "ВЭФ-202", "VEF-204" и "VEF-206" и устанавливается взамен батареи из шести элементов 373 (R20). В нём установлены шесть элементов типоразмера AA (R6, LR6). В табл. 2 в [3] указана ёмкость элементов, для LR6 она в пределах 1...3,7 А•ч, что близко к ёмкости элементов 373 3...4 А•ч. Поэтому с качественными элементами LR6 радиоприёмник отработает те же самые 150 ч, что и с элементами 373 выпуска 1985 г.

При разработке сетевого БП появился вопрос: нужно ли делать его стабилизированным? Практика показала, что это не обязательно, к тому же применение стабилизатора напряжения усложняет, удорожает конструкцию и увеличивает расход электроэнергии.

Из разрядных кривых (рис. 1 в [4]) видно, что начальное напряжение на элементе 373 "Орион М" — 1,65 В. Соответственно на батарее из шести элементов будет 9,9 В. Конечное напряжение элемента — 0,8 В, поэтому напряжение батареи будет 4,8 В.

Для питания приёмника от сети использован трансформатор от зарядного устройства (ЗУ) ACP-7E. Такими ЗУ комплектовались мобильные телефоны Nokia более 15 лет назад до широкого внедрения импульсных стабилизированных ЗУ с выходным напряжением 5 В. Выходное напряжение ЗУ ACP-7E на холостом ходу — 10,2 В. Ток, потребляемый от сети 230 В в этом режиме, — 8,5 мА. Он возрастает до 14 мА при токе нагрузки 60 мА. Эти данные получены в результате проведённых измерений. Выходные данные ЗУ, которые указаны на его корпусе, — 3,7 В, 0,35 А, т. е. выходная мощность — 1,3 Вт. Этого более чем достаточно для питания радиоприёмника. Кроме трансформатора, в ЗУ есть мостовой выпрямитель на кремниевых диодах и конденсатор фильтра ёмкостью 1500 мкФ на напряжение 16 В. Трансформатор намотан на броневом магнитопроводе Ш10×13. Информация о числе витков в обмотках и диаметре провода отсутствует.

При испытании этого БП под нагрузкой оказалось, что при токе 60 мА выходное напряжение снижается до 7,5 В.


Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

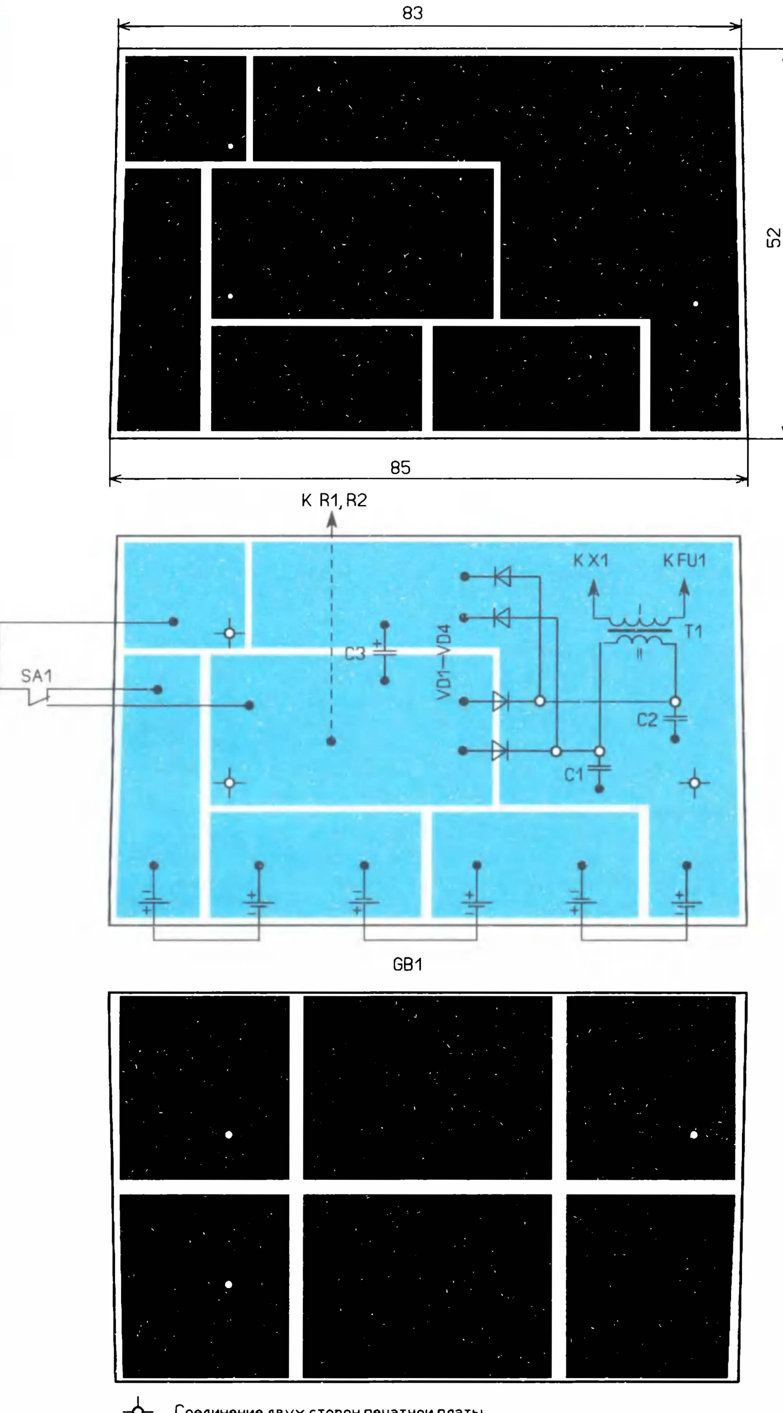



**Рис. 1**

**Рис. 2**

После замены кремниевых диодов германиевыми и установки конденсатора фильтра ёмкостью 2200 мкФ напряжение ненагруженного выпрямителя возросло до 11 В, а при токе в 60 мА — до 8,5 В. При токе нагрузки 12 мА выходное напряжение — 10,5 В.

Схема БП приведена на **рис. 1**. Кроме собственно выпрямителя, установлены конденсаторы С1 и С2 для подавления импульсных помех, которые могут проникать из питающей сети. Светодиоды HL1 и HL2 сигнализируют о подключении аппарата к электросети. Они установлены в радиоприёмнике рядом с лампами подсветки шкалы и постоянно освещают её при подключённой сети переменного тока и сигнализируют о том, что прибор включён. Вместе с тем напряжение на выходе при подключённых светодиодах уменьшилось до 10,5 В.

Разъём X1, совмещённый с переключателем питания SA1 и предохранителем FU1, применён от радиоприёмника "ВЭФ-317". Возможно применение и других аналогичных устройств от других радиоприёмников, например, "Альпинист-318" или импортных. Наличие переключателя батарея-сеть обязательно. О трансформаторе сказано выше. Возможно применение и другого маломощного трансформатора от других приборов или самодельного, лишь бы обеспечивали на вторичной обмотке переменное напряжение 7,5 В при токе 100 мА. Диоды VD1—VD4 — германиевые Д310, Д311А. Возможно применение диодов Шоттки с допустимым током не менее 100 мА и обратным напряжением более 15 В. Конденсаторы С1 и С2 — керамические или плёночные К73-17 или аналогичные импортные. Конденсатор С3 — К50-35 или импортный.

БП собран в коробке, изготовленной из фольгированного стеклотекстолита и нефольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Основная плата — двухсторонняя (**рис. 2**), на внутренней стороне которой размещено большинство элементов, а на внешней стороне сделаны фольгированные площадки для подключения к контактам батарейного отсека радиоприёмника. Изготовлена она из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Изолирующие промежутки между токоведущими площадками можно протравить или прорезать.

Внешняя сторона основной платы соединена с внутренней стороной с помощью отрезков лужёного провода, проходящего через три сквозных отверстия (пронумерованы на рис. 2). В результате БП через провод в отверстии 3 будет контактировать с плюсовой линией питания (общий провод), через провод в отверстии 1 — с контактом, к которому подключён выключатель питания. Провод через отверстие 2 соединяет минус конденсатора С3 с площадкой на второй стороне платы, которая соединяется с пружинным контактом батарейного отсека. Этот контакт в ба-

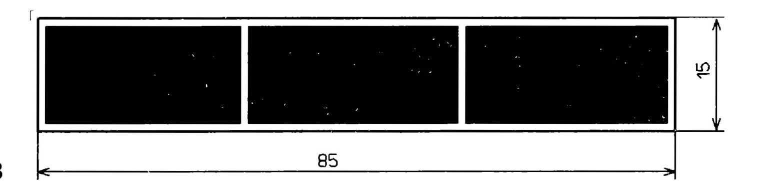
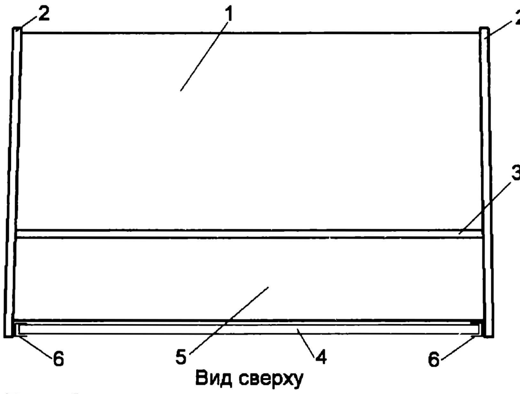



Рис. 3




Вид сбоку

Рис. 4

тарейном отсеке ни к чему не подключён. К нему подключены резисторы R1 и R2 (верхние по схеме выводы). В этом случае одновременно с включением БП в сеть светодиоды HL1 и HL2 станут светить. Если их установить рядом с лампами освещения шкалы приёмника, они также будут освещать её и предупреждать о том, что прибор подключён к сети.

По форме плата — равнобедренная трапеция. Это вызвано тем, что расстояние между выступами в батарейном отсеке — 88 мм. Для шести элементов АА, установленных в ряд, требуется расстояние 14 × 6 = 84 мм, а для создания минимального зазора между ними требуется длина отсека не менее 85 мм. В батарейном отсеке должен быть зазор между ним и БП для его свободной установки. Поэтому со стороны установки гальванических элементов длина платы — 85 мм, а с другой стороны — 83 мм. С боковыми крышками размеры БП будут на 3 мм больше, а посредине, в самом узком месте отсека в шасси радиоприёмника, будет 84 мм. Что и обеспечит необходимый зазор между БП и шасси.

Соединение гальванических элементов обеспечивается с помощью второй печатной платы, чертёж которой показан на **рис. 3**. Она изготовлена из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм.

Детали конструкции соединены с помощью цианоакрилатного клея. Такие клеи продают под разными торговыми названиями в трёхграммовых тюбиках — суперклей, секундный клей и т. д. Схватываются очень быстро, держат прочно. Конструкцию БП поясняет **рис. 4**. Кромки деталей надо отшлифовать на наждачной бумаге зернистостью 350...400. Её надо положить на плоскую ровную поверхность для получения ровной кромки. Это необходимо для получения прочного клеевого шва. Боковые стенки 2 размерами 55×62 мм изготовлены из стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Перегородка 3 размерами 84,5×60,5 мм изготовлена из такого же материала. Вырезают заготовку длиной 85 мм, т. е. на 0,5 мм больше, и подгоняют точно в размер по месту на наждачной бумаге. Все детали надо очистить от пыли и протереть тампоном, смоченным смесью равных частей бензина и этилового спирта.



Рис. 5

Для сборки подготовленную основную плату 1 надо уложить внешней стороной на стол, покрытый полиэтиленовой плёнкой, приставить боковые стенки 2 и зафиксировать небольшими грузами. Вставляют перегородку 3 на расстоянии 14 мм от большей стороны основной платы параллельно ей и, придерживая перегородку и боковые стенки, наносят капли клея на стыкуемые поверхности. Далее следует сжать детали 2 снаружи и держать 10...15 с.

Верхнюю панель 5 отсека гальванических элементов надо подогнать по месту так же, как и перегородку 3. Припаивают пружинящие контакты толщиной 0,2...0,3 мм шириной 10 мм на основной и второй платах в тех местах, на которые будут опираться минусовые контакты гальванических элементов. Места на фольге, в которые будут упираться плюсовые контакты гальванических элементов, следует залудить. После этого панель 5 надо установить на место на расстоянии 51 мм от края основной платы и зафиксировать клеем. Для точной установки можно поставить два элемента питания по краям, но только в тех местах, к которым припаяны упругие контакты. Крышка 4 отсека гальванических элементов вставляется в направляющие 6, изготовленные из стали толщиной 0,3 мм. Проклеивают все соединения ещё раз, приклеивают трансформатор и оставляют конструкцию на несколько часов для отверждения клея.

Сетевой разъём X1 устанавливают по месту. Устанавливают перемычки на основной плате и проводят монтаж деталей. Их припаивают выводами к токоведущим дорожкам, выводам трансформатора и сетевого разъёма. Внешний вид собранного БП показан на **рис. 5**.

Устанавливают готовый БП в батарейный отсек радиоприёмника. Прикладывают к нему крышку батарейного отсека радиоприёмника и отмечают места, на которых нужно удалить выступающие элементы, которые вырезают. Смазывают клеем верхние кромки деталей 2 и 3, устанавливают на место крышку и закрепляют винтами до отверждения клея.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Белов И., Дрызго Е.** Справочник по транзисторным радиоприёмникам, радиолам и электрофонам. Часть первая. Переносные приёмники и радиолы. — М.: Советское радио, 1977, 368 с.

2. **Новосёлов Л.** Транзисторные приёмники "Спидола", "ВЭФ", "Океан" (Справочное пособие). Массовая радиобиблиотека. Вып. 779. — Энергия, Ленинградское отд., 1972, 120 с.

3. **Михайлов М.** Элементы питания для бытовой аппаратуры. — Радио, 2000, № 9, с. 32—34.

4. **Давтян Г., Есаян Л., Пилюс Н., Симанженкова Л., Юппец В.** Гальванические элементы "Орион М", "Юпитер М", "Уран М". — Радио, 1983, с. 46—48.

***От редакции.*** *Чертёж печатной платы находится по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2023/02/bp.zip** на нашем FTP-сервере.*

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

# Делитель частоты на МК PIC12F675 и LMX2306

*В. ТУРЧАНИНОВ, г. Севастополь*

Предлагаемый делитель частоты собран на микроконтроллере (МК) PIC12F675 и микросхеме маломощного синтезатора частоты LMX2306. Делитель частоты имеет два диапазона 10 Гц...100 МГц и 10...500 МГц.

**Основные технические характеристики**

Делитель частоты имеет два входа (IN1 и IN2) и один выход
Коэффициенты деления по входу IN1 ................10, 100, 1000, 10000
Входное сопротивление по входу IN1, кОм .................10
Входное напряжение по входу IN1 должно иметь уровень цифровой логики ................лог. 0 — 0 В, лог. 1 — 5 В
Коэффициенты деления по входу IN2 ..............100, 1000, 10000
Входное сопротивление по входу IN2, Ом ..................50
Входное напряжение по входу IN2, В ...............0,1...1
Выход имеет уровень цифровой логики ........лог. 0 — 0 В, лог. 1 — 5 В
Выходное сопротивление, кОм ..........................1
Напряжение питания постоянного тока, В ..............9...16
Потребляемый ток, мА .........5...10

Установка коэффициента деления и выбор делителя осуществляется подачей логических уровней на входы МК. Схема устройства приведена на **рис. 1**.

Микроконтроллер DD1 (PIC12F675) работает от внутреннего RC-генератора и тактируется импульсами с периодом 1 мкс. Описание семейства микроконтроллеров PIC12F675 и программных средств их программирования приведены в [1]. Стабилизатор напряжения питания +5 В собран на микросхеме DA2 (LM78L05) [2]. Конденсаторы C1, C5—C7 — блокировочные по цепи питания. Делитель частоты собран на микросхеме DA1 (LMX2306) [3]. Диоды VD1—VD4 предназначены для защиты входов микросхемы. Конденсаторы C2—C4 служат для развязки по постоянному току.

Переключателем SA1 выбирают диапазон делителя. Если на входе GP3 DD1 присутствует лог. 0 (подвижный контакт SA1 находится в нижнем по схеме положении), включён диапазон 10 Гц...100 МГц, если же лог. 1 (подвижный контакт SA1 — в показанном на схеме верхнем положении), то включён диапазон 10...500 МГц.

Переключателями SA2, SA3 выбирают коэффициент деления делителя:

— для диапазона 10 Гц...100 МГц: на входах GP4, GP5 присутствует лог. 0 — K = 10; на входе GP4 присутствует лог. 1, на входе GP5 — лог. 0 — K = 100; на входе GP4 — лог. 0, на входе GP5 — лог. 1 — K = 1000; на входах GP4, GP5 присутствует лог. 1 — K = 10000;

— для диапазона 10...500 МГц: на входах GP4, GP5 присутствует лог. 0 — K = 100; на входе GP4 — лог. 1, на входе GP5 — лог. 0 — K = 1000; на входе GP4 — лог. 0, на входе GP5 — лог. 1 — K = 10000.

Работу делителя для первого входа (IN1) с коэффициентом деления K = 100 иллюстрирует **рис. 2**. Сигнал разрешения LE на осциллограмме обозначен жёлтым цветом, синхросигнал Clock — синим цветом, данные Data — красным цветом. На **рис. 3** приведены сигналы (сигнал разрешения LE на осциллограмме обозначен жёлтым цветом, синхросигнал Clock — синим цветом, данные Data — красным цветом) для второго входа (IN2) с коэффициентом деления K = 1000.

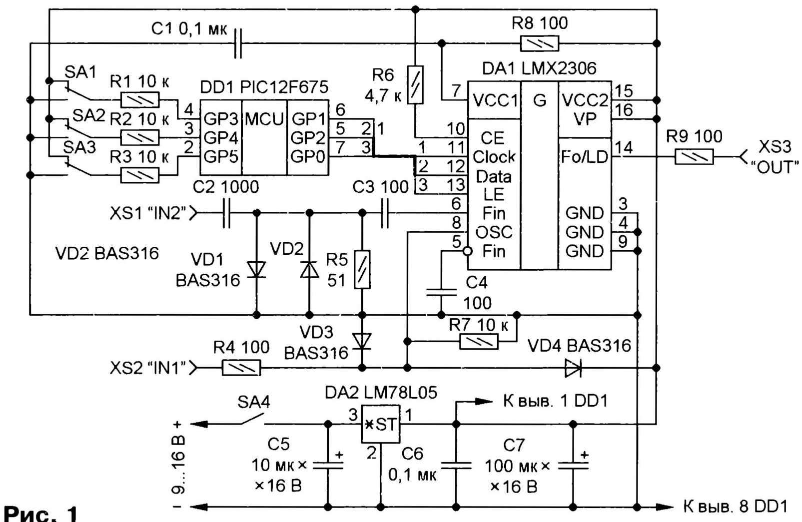



**Рис. 1**

Рассмотрим работу программированного делителя. Он выполнен на микросхеме LMX2306, которая представляет собой частотный синтезатор в интегральном исполнении. В нём использована кремниевая технология BiCMOS 0,5 мкм компании National ABiC V. Микросхема содержит предваритель-

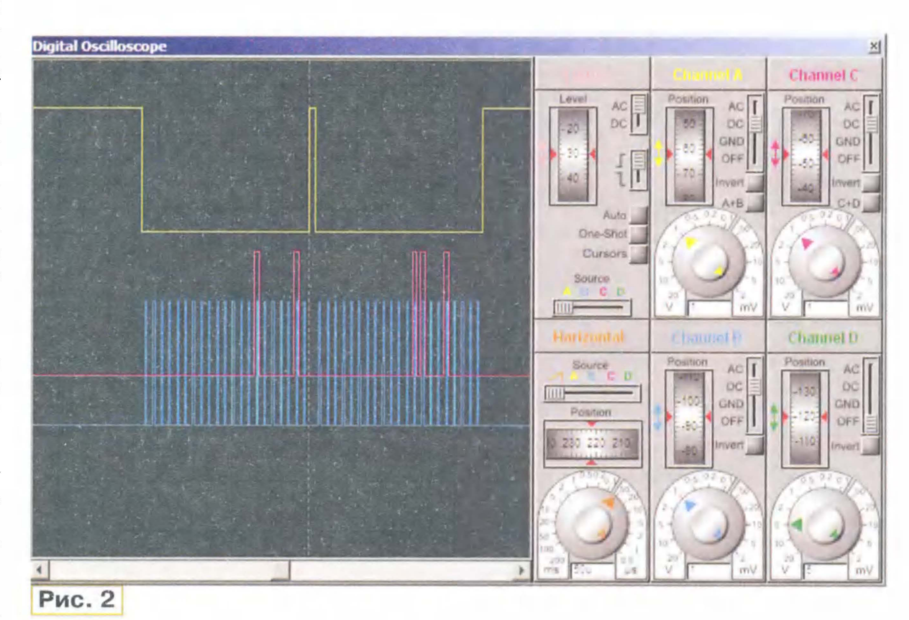



**Рис. 2**

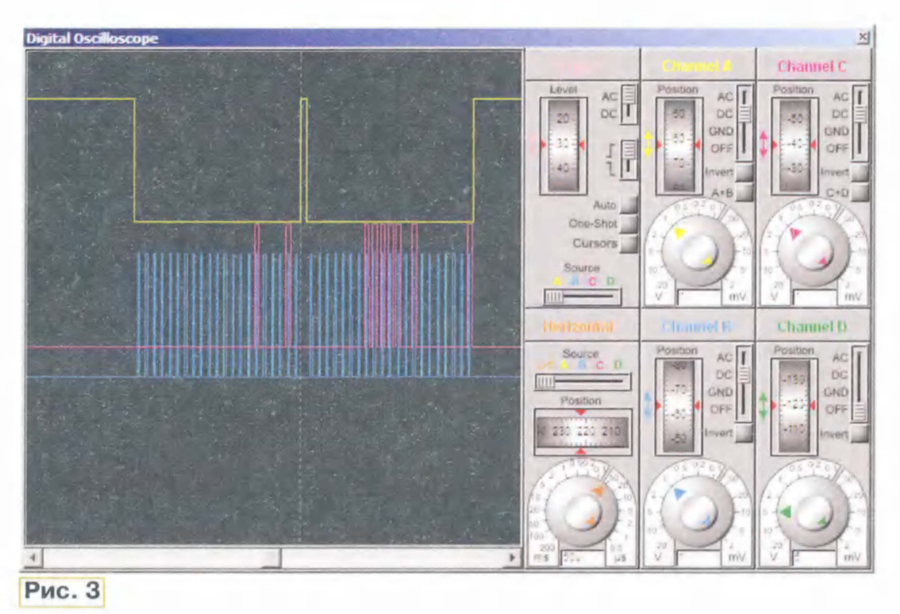



Рис. 3

ный делитель частоты 8/9. Последовательные данные передаются в LMX2306 через трёхпроводной интерфейс (данные, включение, синхроимпульсы). Напряжение питания может варьироваться от 2,3 В до 5,5 В. Микросхема триггер, который загружает их в 14-разрядный R-счётчик. Четыре разряда R15—R18 предназначены для тестовых режимов, и в них должны быть записаны 0 для нормальной работы. Формат данных показан в **табл. 1**.

**Таблица 1**

| Коэффициент деления | R 14 | R 13 | R 12 | R 11 | R 10 | R 9 | R 8 | R 7 | R 6 | R 5 | R 4 | R 3 | R 2 | R 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| ••• | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| 16383 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

**Таблица 2**

| Коэффициент деления | N 5 | N 4 | N 3 | N 2 | N 1 |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | x | x | 0 | 0 | 0 |

| Коэффициент деления | N 18 | N 17 | N 16 | N 15 | N 14 | N 13 | N 12 | N 11 | N 10 | N 9 | N 8 | N 7 | N 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| ••• | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| 8191 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

LMX2306 имеет сверхнизкое потребление тока — 1,7 мА при напряжении питания 3 В. Синтезаторы LMX2306 выпускают в 16-контактном корпусе.

Микросхема содержит 21-разрядный сдвиговый регистр данных, 14-разрядный R-счётчик, 18-разрядный N-счётчик и 18-разрядный триггер F. Поток данных сдвигается по фронту тактового импульса на входе LE на вход Data. Последние два бита в последовательности данных C1, C2 — биты управления.

## Программируемый делитель диапазона 10 Гц...100 МГц

Если управляющие биты равны [C1,C2] = [0,0], данные передаются из 21-разрядного сдвигового регистра в

## Программируемый делитель диапазона 10...500 МГц

Делитель выполнен на N-счётчике. Он состоит из пятиразрядного счётчика (счётчик A) и 13-разрядного программируемого счётчика (счётчик B). Если управляющие биты равны [C1,C2] = [1,0], данные передаются из 21-разрядого сдвигового регистра в пятиразрядный триггер, который загружает их в счётчик A, 13-разрядный триггер загружает их в 13-разрядный программируемый счётчик B и разряд GO. Для LMX2306 максимальное значение N равно 65535, а минимальное — 56. Формат последовательных данных показан в **табл. 2**. Функции триггера и инициализации записываются в одни и те же регистры.

## Описание функций

F1. Активация разряда режима сброса счётчика F1 позволяет обнулить счётчики N и R. При включении питания разряд F1 должен быть отключён, после чего счётчик N возобновляет счёт совместно со счётчиком R (максимальная ошибка составляет один цикл).

F2. Управляет отключением питания.

F3—F5. Управляют выходом Fo/LD.

F6. Полярность фазового детектора.

F7. Режим TRI-STATE устанавливается с помощью разряда F7. Для нормальной работы в этом разряде должен быть установлен ноль.

F8. Когда в разряд FastLock Enable записана единица, микросхема принудительно переходит в один из четырёх режимов FastLock.

F9. Разряд управления определяет режим работы в FastLock (F8 = 1).

F11—F14. С помощью этих разрядов устанавливается счётчик времени ожидания FastLock.

F15—F17. Эти функциональные разряды предназначены для тестовых режимов и для нормальной работы в них должны быть записаны нули.

F18. Управляет отключением питания.

F19. Этот функциональный разряд предназначен для тестового режима и для нормальной работы в него должен быть записан ноль.

## Функция отключения питания

Разряды F2 и F18 обеспечивают программируемые режимы отключения питания, когда на выводе CE установлен высокий уровень. Когда на выводе CE присутствует низкий уровень, микросхема немедленно отключается независимо от состояния разряда отключения питания. Синхронный и асинхронный режимы отключения питания доступны при выборе MICROWIRE. Синхронное отключение питания происходит, если в разряд F18 (режим Powerdown) записана единица и в разряд F2 (Powerdown) записывают единицу. Асинхронное отключение питания происходит, если в разряд F18 записан ноль, а в разряд F2 записывают единицу. В синхронном режиме понижения мощности (F18 = HIGH) функция пониженного энергопотребления управляется зарядовым устройством для предотвращения нежелательных скачков частоты. После загрузки значения в разряд программы отключения питания F2 микросхема переходит в режим отключения.

В асинхронном режиме отключения питания (F18 = LOW) питание микросхемы выключается сразу после записи нуля в разряде F2. Устройство возвращается в активное включённое состояние либо в синхронном, либо в асинхронном режиме сразу после записи нуля в разряд F2.

## Обнуление счётчика

Для обнуления счётчика управляющие биты устанавливают равными [C1,C2] = [0,1] и разрешающий обнуле-

ние счётчика разряд F1. Затем загружаются регистры счётчиков R и N с последующей загрузкой данных, при этом обнуление счётчика отключается.

### Управление микросхемой

Сначала определяют частоты и требуемый режим работы. Регистр данных запрограммирован в 21-битный поток данных, загружаемый в счётчик R, счётчик N или триггер F.

Во время программирования счётчиков R и N микросхема находится в выключенном состоянии и обеспечивает минимально возможное потребление. Когда микросхема запрограммирована и включена, счётчики R и N возобновят счёт. Когда уровень сигнала на входе CE меняется с низкого на высокий уровень, возможна задержка 1 мкс. Вход CE может использоваться для включения и выключения микросхемы с помощью кнопочного управления. Микросхему не нужно перепрограммировать каждый раз, если питание не отключалось.

Делитель собран на макетной плате. В налаживании устройство не нуждается. Микроконтроллер запрограммирован программатором ChipProg-40.

В устройстве применены резисторы и неполярные конденсаторы (C1—C4, C6) типоразмера 0805 для поверхностного монтажа. Оксидные конденсаторы — Hitano EHP. Разъёмы — 24 BNC-50-2-20/133 NE, переключатели SA1—SA3 — MTS-123, выключатель SA4 — SW-012103.

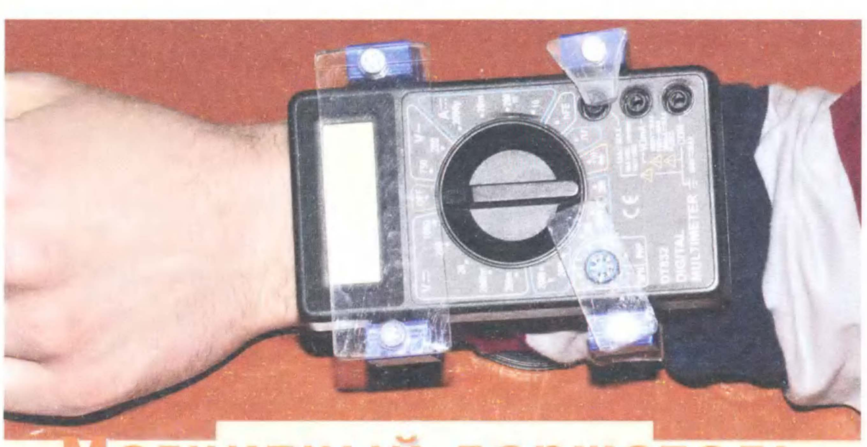
ЛИТЕРАТУРА

1. PIC12F629/675 Data Sheet 8-Pin FLASH-Based 8-Bit CMOS Microcontrollers. — URL: **https://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/41190c.pdf** (25.12.22).

2. LM78LXX Series 3-Terminal Positive Regulators. — URL: **http://users.ece.utexas.edu/~valvano/Datasheets/LM78L05.pdf** (25.12.22).

3. LMX2306/LMX2316/LMX2326. PLLatinum™ Low Power Frequency Synthesizer for RF Personal Communications LMX2306 550 MHz, LMX2316 1.2 GHz, LMX2326 2.8 GHz. — URL: **https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/9183/NSC/LMX2306.html** (25.12.22).

***От редакции.*** *Файл прошивки находится по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2023/02/divider.zip*** *на нашем ftp-сервере.*



# Магнитный держатель мультиметра

**Д. ЛЕКОМЦЕВ, г. Орёл**

***В статье предлагается простая конструкция для надёжного крепления мультиметра на предплечье пользователя с помощью магнитного браслета или на любой ферромагнитной поверхности. В конструкции предусмотрено быстрое отсоединение мультиметра от магнитного браслета на предплечье.***

Наиболее часто комбинированные измерительные приборы — мультиметры — производятся в виде основного электронного блока, к которому гибкими проводами подключается пара щупов. Такая конструкция удобна при использовании прибора за рабочим столом. Но если возникает необходимость выполнить измерения, когда рядом нет надёжной горизонтальной поверхности для размещения мультиметра, то могут возникнуть проблемы. Как правило, один щуп приходится держать в ведущей руке, корпус прибора требует второй руки для удержания, так, что второй щуп удобно удерживать уже затруднительно. Для решения этой проблемы автор предлагает дополнить мультиметр магнитным креплением. Такое крепление позволяет зафиксировать прибор на любом достаточно крупном железном предмете, а при наличии магнитного браслета и на предплечье, при этом сохраняется возможность использовать почти все функции мультиметра.

Основная часть конструкции держателя — две идентичные С-образные детали, изготовленные методом 3D-печати из PLA-пластика (**рис. 1**).

Здесь и далее размеры деталей рассчитаны на использование широко распространённых мультиметров серии DT83x. Автор испытывал держатель с приборами DT831 и DT832. В центральной части детали имеется углубление для размещения кольцеобразного неодимового магнита диаметром 10 мм и высотой 2 мм. Магнит крепится с помощью потайного винта M4×8 с гайкой, поэтому следует подобрать кольцеобразный магнит такой конфигурации, чтобы в центральное углубление помещалась потайная головка винта. При заявленных размерах детали может понадобиться немного уменьшить длину винта или заклеить его армированным скотчем так, чтобы он не царапал корпус мультиметра. С помощью пары винтов M4×35 с гайками к первой С-образной детали крепится планка из органического стекла размерами 90×34 мм. Толщина оргстекла, которое использовано для изготовления всех деталей, — 4 мм. Эта планка дополнительно защищает экран мультиметра от повреждений (**рис. 2**, **рис. 3**).

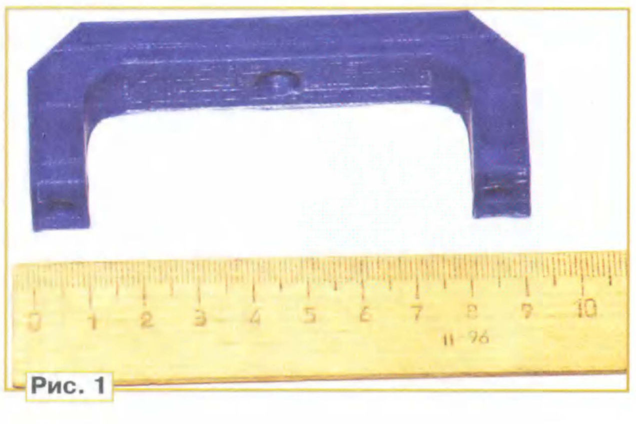


**Рис. 1**

Ко второй С-образной детали аналогично крепится неодимовый магнит, а также пара планок из органического стекла (**рис. 4**).

Вторая планка имеет прямоугольную форму и размеры 40×18 мм. Она крепится с помощью потайного винта M4×35 с гайкой (**рис. 5**).


Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Рис. 2

Рис. 4

Рис. 3

Рис. 6

Рис. 5

Рис. 7

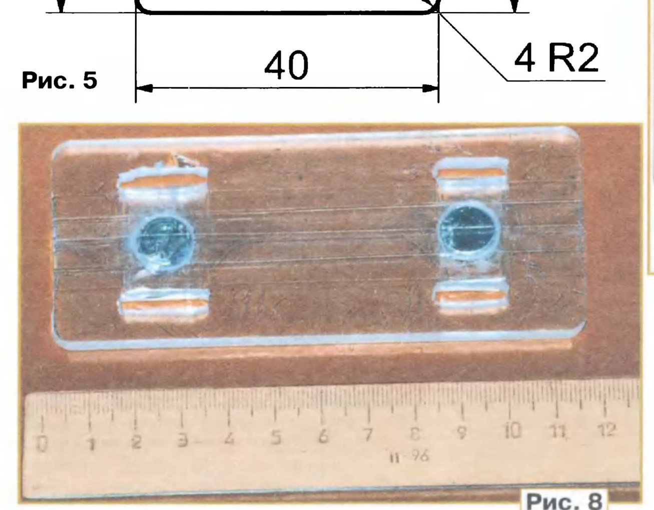


Рис. 8

Третья планка крепится с помощью потайного винта М4×35 с гайкой. Её форму следует подогнать по месту так, чтобы она надёжно удерживала мультиметр и не создавала препятствий в подключении щупов и переключении пределов измерения (**рис. 6**).

С таким креплением измерительный прибор можно зафиксировать на любой железной поверхности (**рис. 7**).

Для того, чтобы появилась возможность закреплять мультиметр на предплечье, нужно изготовить магнитный браслет, в основе которого лежит пластина из органического стекла размерами 115×50 мм (**рис. 8**, **рис. 9**).

В углублениях этой пластины с помощью клея фиксируются два цилиндрических неодимовых магнита диаметром 12 мм и высотой 2 мм. Для более надёжной фиксации магнитов и защиты их от повреждений углубления сверху закрыты прозрачной липкой лентой. При установке магнитов надо следить за тем, чтобы магниты на браслете и магниты на С-образных деталях держателя были ориентированы друг к другу разноимёнными полюсами. Для удержания браслета на запястье использован ремешок от часов. Для крепления браслета в середине предплечья использован старый кожаный ремень шириной 15 мм. Ремень обрезан до подходящей длины так, чтобы его можно было один раз с небольшим запасом обернуть вокруг середины предплечья (**рис. 10**).

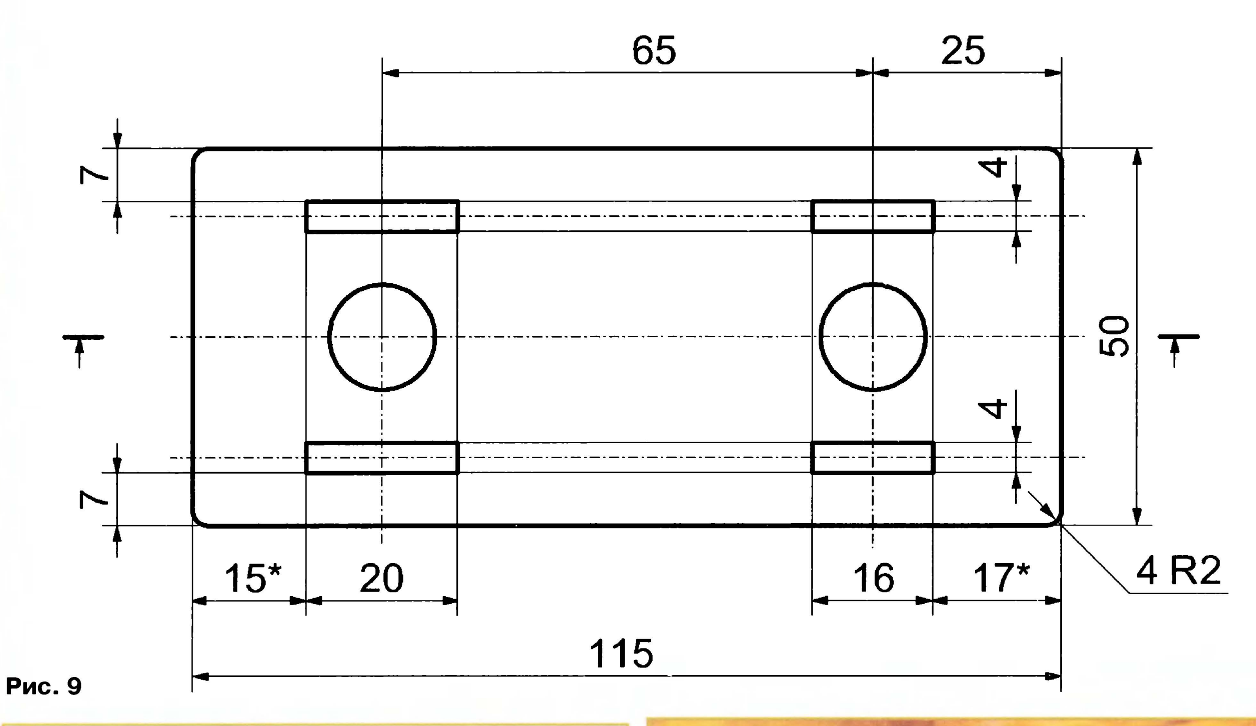



**Рис. 9**



**Рис. 10**

**Рис. 11**

Описанная конструкция позволяет удерживать мультиметр на руке, даже если магнитный браслет располагается под достаточно толстой одеждой (рукав шерстяного свитера). При этом сравнительно небольшого усилия достаточно, чтобы отсоединить прибор. Для того, чтобы мультиметр отсоединился от магнитного браслета, необходимо приложить перпендикулярно плоскости лицевой панели мультиметра силу в 8...9 Н при условии, что магниты на браслете и держателе измерительного прибора располагаются вплотную друг к другу (**рис. 11**).

Кроме мультиметра, предлагаемый магнитный браслет позволяет удерживать мелкий инструмент или расходные материалы при условии, что они обладают ферромагнитными свойствами.

# Сигнализатор "Незабудка"

*А. МУХИН, г. Донецк, ДНР*

Сигнализатор предназначен для периодической подачи звукового и светового сигналов при подключении к сети. Он найдёт применение для людей, забывающих выключать различные бытовые электроприборы. Схема сигнализатора показана на **рис. 1**. После подачи напряжения сети сигнализатор выдаёт пачки коротких импульсов звукового и светового сигналов с паузой 15...30 с. Сетевое переменное напряжение выпрямляет диод VD1, и через резисторы R1 и R2 заряжаются конденсаторы C1, C3, C4. Аналог тиристора собран на элементах VT1, VT2, VD2, R4, R8. Когда напряжение на конденсаторах C1, C3, C4 достигнет около 27 В, стабилитрон VD2 открывается, аналог тиристора тоже открывается и напряжение поступает на стабилизатор напряжения 6 В, собранный на элементах VT5, VD3, R9. С его выхода питающее напряжение поступает на генератор импульсов, собранный на элементах DD1.1, DD1.2, R3, C2. Далее прямоугольные импульсы поступают на элементы DD1.3, DD1.4, которые управляют транзисторами VT3, VT4. В коллекторную цепь первого включён акустический сигнализатор HA1 со встроенным генератором. В коллекторную цепь второго включены светодиод HL1 и токоограничивающий резистор R10. Поэтому, когда работает генератор, попеременно подаются звуковой и световой сигналы. Это обеспечивает постоянное протекание тока через аналог тиристора, и он остаётся в открытом состоянии.

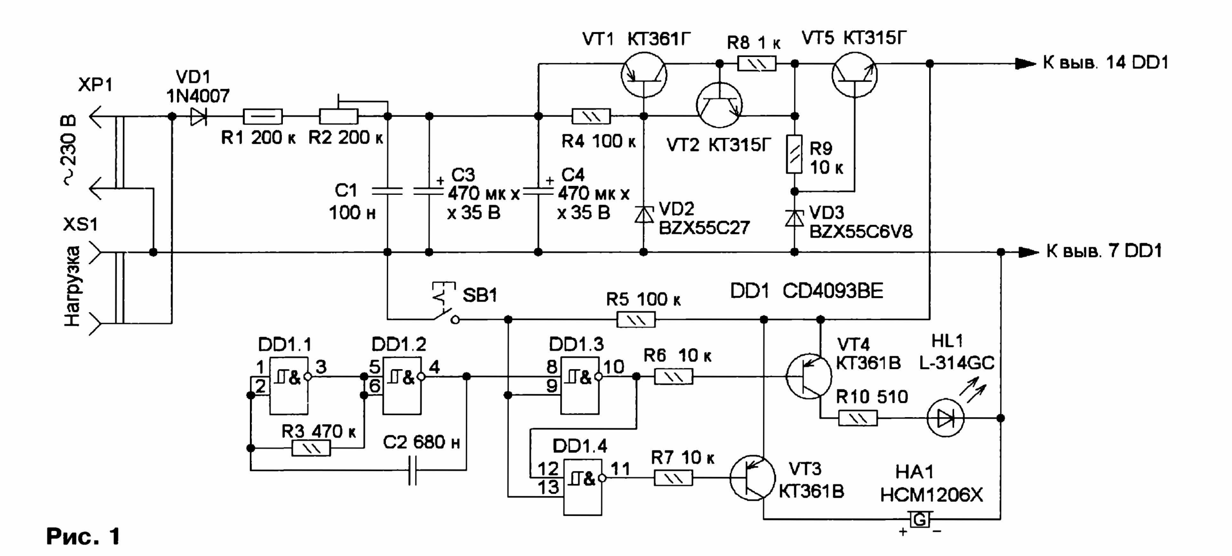



Рис. 1

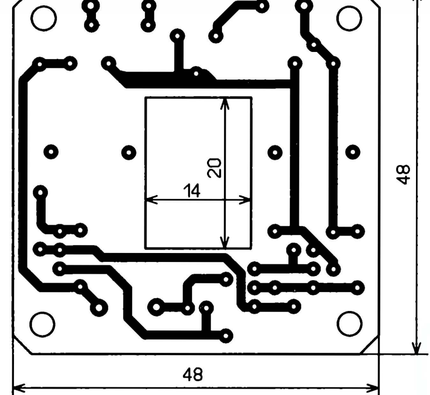
XP1, VD1 1N4007, ~230 В, R1 200 к, R2 200 к, C1 100 н, C2 470 мк х х 35 В, C3 470 мк х х 35 В, VT1 КТ361Г, R4 1 к, VT3 КТ315Г, R3 100 к, VT2 КТ315Г, R5 10 к, R6 100, HL1 L-314GC, HA1 HCM1206X, VD2 BZX55C27, VD3 BZX55C6V8, XS1, Нагрузка

Рис. 2

Когда подаются сигналы, конденсаторы C1, C3, C4 разряжаются быстрее, чем заряжаются, поэтому напряжение на них уменьшается. В результате ток через аналог тиристора уменьшается и он закрывается, поэтому сигналы прекращаются. Затем конденсаторы C1, C3, C4 снова заряжается и цикл работы повторяется. Ток, при котором аналог тиристора закрывается, можно изменить подборкой резистора R8. Это регулировка нужна для устранения затухания громкости звукового сигнала по окончании цикла. Время зарядки конденсаторов C1, C3, C4 можно плавно изменять подстроечным резистором R2, он задаёт длительность паузы между пачками сигналов. Частота следования импульсов задаётся резистором R3 и конденсатором C2. Остановить работу генератора импульсов можно с помощью кнопки с фиксацией SB1, подав на выводы 9 и 13 микросхемы DD1 напряжение лог. 0.

Сигнализатор можно собрать на макетной плате с применением проводного монтажа, разместив плату в пластмассовом корпусе подходящего размера.

Сигнализатор можно упростить, исключив из неё генератор импульсов. Схема такого варианта показана на **рис. 2**. Работает он аналогично, только после отрывания аналога тиристора выдаётся не серия коротких сигналов, а одиночные более продолжительные звуковой и световой сигналы. Более простая схема позволяет разместить все детали на печатной плате, которую можно установить в розетке. Чертёж платы упрощённого сигнализатора, которая изготовлена из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм, показан на **рис. 3**.



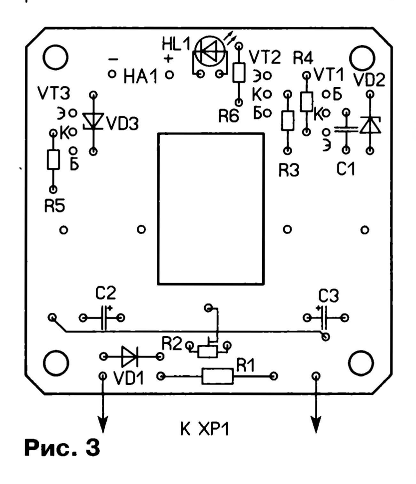




Рис. 3

***От редакции***. *Чертёж печатной платы находится по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2023/02/signal.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

МОДУЛЬНАЯ РЕКЛАМА

**ВСЕМ! ВСЕМ! ВСЕМ!**

РАДИОДЕТАЛИ!
РАДИОДЕТАЛИ!
РАДИОДЕТАЛИ!

www.radiodetali.perm.ru

Тел: 8-800-201-75-54

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

## Вышла в свет новая книга

**Горгадзе С. Ф.**
СВЧ-усилители мощности для мобильной связи и радиодоступа. — М.: Горячая линия — Телеком, 2022 г., — 456 с.: ил. ISBN 978-5-9912-0967-0.




Приведена классификация и анализируются характеристики, а также физические основы функционирования активных элементов, применяющихся в СВЧ-передающих трактах аппаратуры систем мобильной связи и радиодоступа (MOSFET, LDMOS, MESFET, HEMT(MODFET), PHEMT, BJT, HBT). Рассмотрены их модели в режимах усиления малых и больших сигналов в виде четырёхполюсников, а также эквивалентные схемы. Основы проектирования согласующих устройств, цепей питания и суммирования мощностей рассмотрены применительно к элементной базе — как на сосредоточенных элементах, так и на микрополосковых линиях передачи. Даны математические основы современных средств автоматизированного проектирования и исследования нелинейных СВЧ-схем с транзисторами: временной анализ, метод гармонического баланса и теория рядов Вольтерры. Анализируются классы и режимы работы усилителей мощности в высокочастотном усилительном тракте, а также способы их оптимизации. Представлен сравнительный анализ высокоэффективных специальных методов усиления широкополосных сигналов с амплитудной и фазовой модуляцией. На основе поведенческих моделей усилителей мощности рассмотрены методы цифровой компенсации нелинейных искажений в них — как безынерционных, так и с динамическими нелинейными эффектами памяти.

Для специалистов в области проектирования СВЧ-усилителей мощности систем мобильной связи и радиодоступа, а также широкого круга разработчиков техники СВЧ, будет полезна преподавателям, студентам старших курсов, магистрам и аспирантам, обучающимся по радиотехническим и информационным специальностям.

Адрес издательства в Интернет
WWW.TECHBOOK.RU

# Мутномер

*А. КОРНЕВ, г. Одесса, Украина*

Мутность — международно признанный критерий оценки качества воды. Мутномеры (нефелометры, турбидиметры) используются в системах водоподготовки и водоочистки, на пищевых и химических предприятиях, для мониторинга водоёмов, а также и в бытовой технике — в стиральных и посудомоечных машинах, для проверки водопроводной питьевой воды ("из-под крана") и т. д. Мутномер представляет собой оптоэлектронный прибор, который оценивает мутность путём измерения рассеяния света, проходящего через пробу воды, содержащую коллоидные частицы, кстати, в том числе и патогенные.

Чаще всего мутность количественно определяется с помощью нефелометрической единицы мутности (NTU) или эквивалентной формазиновой нефелометрической единицы (FNU) [1]. Нефелометрия относится к процессу направления луча света на образец жидкости и измерения интенсивности света после прохождения через жидкость. Таким образом, в измерителе мутности имеется один источник света, направленный в камеру, где находится проба воды, и один или несколько фотодетекторов, расположенных вокруг камеры. Обычный "однолучевой" мутномер отслеживает только свет, рассеянный частицами, взвешенными в воде, для создания выходного напряжения, пропорционального мутности или взвешенным в воде веществам. Измеритель мутности работает по принципу, согласно которому количество света, прошедшего через образец воды, зависит от количества взвешенных частиц в воде. По мере увеличения общего количества взвешенных твёрдых частиц количество проходящего света уменьшается и соответственно изменяется выходное напряжение датчика, которое пропорционально количеству света.

Схема прибора для измерения мутности воды, а правильнее сказать, для оценки мутности, изображена на **рис. 1**. В основе прибора применяется широко распространённый датчик мутности TSW-10 [2], который показан на **рис. 2**. Этот датчик в основном применяется в стиральных и посудомоечных машинах. Датчик — относительно недорогой и легкодоступный. С увеличением мутности выходное напряжение датчика уменьшается с 4,7 В до 2,7 В, что соответствует мутности 0...2000 NTU [2]. По информации из Интернета, при мутности 5 NTU вода считается чистой.

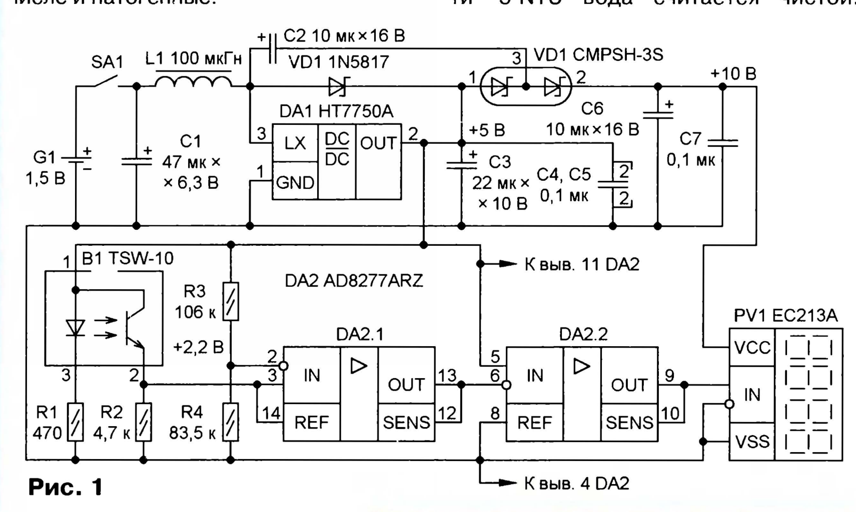



**Рис. 1**

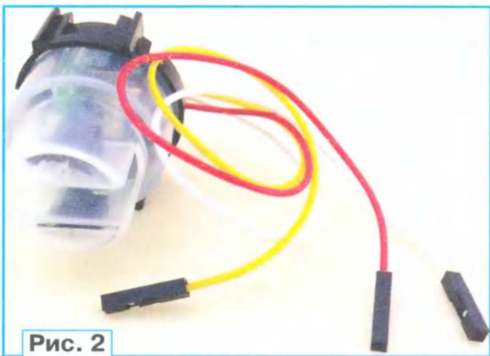


**Рис. 2**

Дифференциальный усилитель DA2.1 убирает постоянную составляющую +2,2 В из выходного сигнала датчика, а усилитель DA2.2 "вычитает" напряжение с выхода DA2.1 из 2,5 В и инвертирует его. Напряжение +2,2 В формирует резистивный делитель R3R4. После такого преобразования интервалу выходного напряжения датчика 4700...2700 мВ соответствует напряжение на выходе усилителя DA2.2 0...2000 мВ, что будет соответствовать мутности 0...2000 NTU.

Встраиваемый милливольтметр PV1 измеряет выходное напряжение усили-

теля DA2.2, значение которого в милливольтах соответствует мутности воды в NTU. Характеристика преобразования датчика в середине интервала измерения (примерно 1000 NTU) имеет нелинейность до 10 % [2], что определяет точность показаний прибора, поэтому мутномер — больше оценочный, чем измерительный прибор. Но для бытовых условий этого вполне достаточно.

Прибор питается от одного гальванического элемента или аккумулятора с номинальным напряжением 1,2...1,5 В. Преобразователь DC-DC DA1 повышает это напряжение до 5 В, которое используется для питания мутномера. Питание дифференциального усилителя — однополярное. Для получения напряжения 10 В, которое используется для питания милливольтметра, служит цепь VD1C2C6, подключённая к повышающему преобразователю DA1 [3]. Милливольтметр PV1 имеет функцию определения разрядки гальванического элемента. При напряжении питания милливольтметра меньше 8 В на дисплее высвечивается слово LOBAT.

Резисторы R3, R4 должны быть с допуском по номиналу 0,5 %, остальные — с допуском 5 %, блокировочные конденсаторы C4, C5, C7 — керамические, оксидные конденсаторы — танталовые.

Поскольку прибор оценочный, то регулировка не требуется.

ЛИТЕРАТУРА


1. Единицы измерения мутности. — URL: **https://www.ecoinstrument.ru/service/public/edinitsy_izmereniya_mutnosti/** (02.12.22).

2. TSW-10 Turbidity Sensor. — URL: **https://f.hubspotusercontent40.net/hubfs/9035299/AAS-920-479C-Thermometrics-TSW-10-100919-web.pdf** (02.12.22).

3. **Дабуров Е.** Конденсаторные преобразователи напряжения. — Электронные компоненты, 2020, № 3, с. 40—43.


# Управление мощными нагрузками

*С. БИРЮКОВ, г. Москва*

При коммутации мощных нагрузок, особенно имеющих индуктивный характер, например, электродвигателей, возникает вопрос, чем этой нагрузкой управлять. Если это контактный выключатель или реле, неизбежно искрение, мощные помехи, быстрый износ контактов, возможно залипание. Использование симистора в качестве ключа, особенно при его включении в моменты прохождения напряжения сети через нуль, позволяет обойти эти трудности, однако возникает необходимость использования теплоотвода, тем более громоздкого и тяжёлого, чем больше мощность нагрузки. В статье рассматривается возможность объединения полезных свойств симистора и реле и устранения их недостатков на примере построения узла управления двигателем компрессора бытового холодильника.

Домашние холодильники советской разработки весьма надёжны и во многих семьях до сих пор исправно "трудятся". К сожалению, в них есть относительно часто выходящий из строя элемент — контактный термовыключатель компрессора, выполняющий функцию стабилизатора температуры.

В интернет-магазинах можно приобрести различные варианты настраиваемых термостабилизаторов — W1209, W3001, W3230 и другие. Все термостабилизаторы содержат микроконтроллер с аналого-цифровым преобразователем, цифровой индикатор температуры, кнопки настройки. Выносной датчик температуры — терморезистор с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления с номинальным значением 10 кОм при температуре 20 °С. Питание таких термостабилизаторов может осуществляться или от источника постоянного напряжения 12 В или 24 В, или от сети 110...230 В, в зависимости от варианта исполнения.

В Интернете нетрудно найти инструкции по их использованию, по установке температуры стабилизации, гистерезиса включения и выключения реле.

На выходе этих устройств установлено малогабаритное электромагнитное реле с надписями, обещающими коммутацию нагрузок до 5 или 10 А при напряжении 250 В, что, мягко говоря, является преувеличением. Эти реле выдерживают 250 В, выдерживают некоторое время ток 5 или 10 А, но долго коммутировать такой ток при таком напряжении, конечно, не могут.

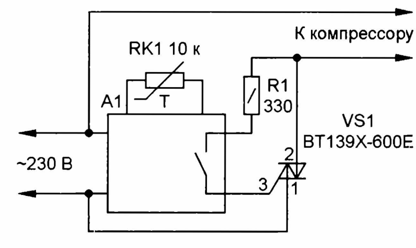



**Рис. 1**

Обычно в отзывах об этих термостабилизаторах для коммутации больших нагрузок рекомендуют дополнять их более мощным реле — контактором, но он обладает указанными выше недостатками и требует дополнительного источника питания.

Самое простое решение управления мощной нагрузкой на переменном токе — использование симистора, управляемого контактами реле электронного термостабилизатора, например, по схеме на **рис. 1**.

На этой схеме A1 — плата термостабилизатора, VS1 — практически любой симистор, подходящий для коммутации используемой нагрузки по току и напряжению. Устройство по такой схеме много лет работает у автора в качестве замены термостата небольшой морозильной камеры.

Недостатки устройства — заметный уровень помех из-за включения симистора при произвольной фазе сетевого напряжения и необходимость установки симистора на теплоотвод, который увеличивает габариты конструкции.

Привязать момент включения к моменту прохождения сетевого напряжения через нуль можно, например, как это сделано в конструкции [1], но теплоотвод по-прежнему необходим.

Однажды автор встретил описание довольно интересного устройства [2], в котором мощный электродвигатель пылесоса включается и выключается в две ступени — при включении вначале при переходе сетевого напряжения через нуль включается симистор, затем симистор шунтируют контактами реле. При выключении вначале размыкаются контакты реле, затем выключается включённый симистор. В результате напряжение на замыкающихся или размыкающихся контактах реле не превышает двух—четырёх вольт и износ контактов практически отсутствует, симистор не греется и теплоотвод не нужен. Кроме того, благодаря включению симистора и его выключению при прохождении напряжения через нуль практически отсутствуют наводимые помехи.

Схема показалась автору сложной, требовался отдельный источник питания напряжением 5 В, управление включением производилось логическим уровнем, поэтому автор решил разработать аналогичное устройство без дополнительного источника питания и с управлением парой контактов.

Схема предлагаемого устройства приведена на **рис. 2**.

При срабатывании термостабилизатора A1 замыкаются его контакты. Выпрямленное диодным мостом VD1 напряжение постепенно заряжает конденсатор C2. Напряжение на этом конденсаторе в начале зарядки нарастает со скоростью, определяемой выходным током моста ($I_M \approx 62$ мА в соответствии с [3]) и ёмкостью конденсатора C2, которая равна:

$$\Delta U/\Delta T = I_M/C2 = 62 \text{ мА}/100 \text{ мкФ} = 0{,}62 \text{ В/мс}.$$

Примерно через 10 мс (один полупериод сетевого напряжения) напряжение на конденсаторе C2 достигнет 6 В, его будет достаточно для управления оптроном U1. При первом прохождении


Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 2, 2023

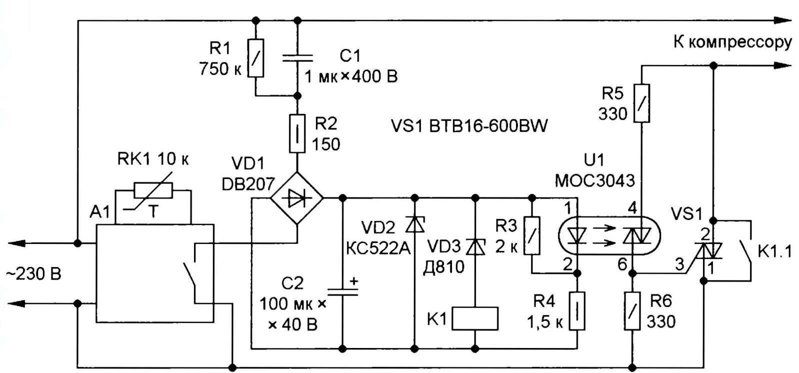



**Рис. 2**

сетевого напряжения через нуль включится симистор оптрона U1, а также симистор VS1, и будет подано напряжение на компрессор холодильника.

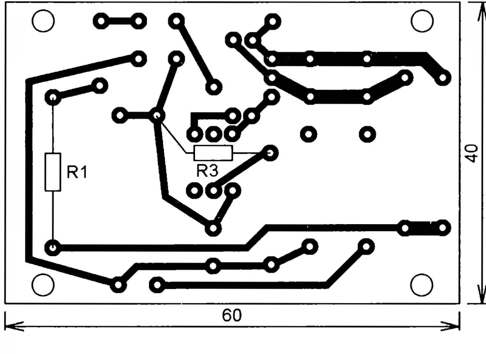
Далее напряжение на конденсаторе C2 будет возрастать с меньшей скоростью, когда напряжение на нём достигнет 10 В, и через стабилитрон VD3 начнёт протекать ток, скорость нарастания ещё больше уменьшится.

Спустя примерно 60 мс (три периода сетевого напряжения) от включения оптрона сработает реле K1 и замкнёт своими контактами симистор VS1, в таком состоянии элементы устройства будут находиться до размыкания контактов термостабилизатора A1. Ток через симистор практически отсутствует, теплоотвод для него не нужен.

При размыкании контактов термостабилизатора A1 конденсатор C2 начнёт разряжаться. При снижении напряжения на нём примерно до 11...12 В отпустит реле K1. Поскольку через излучающий диод оптрона ещё протекает ток, в момент размыкания контактов реле напряжение между выводами 4 и 6 оптрона близко к нулю, симистор оптрона U1 включён и включится симистор VS1. Ток нагрузки будет протекать через симистор VS1.

Напряжение на конденсаторе C2 продолжит снижаться, ток через излучающий диод оптрона упадёт до значения, при котором во время очередного прохождения сетевого напряжения через нуль симистор оптрона уже не включится, не включится и симистор VS1.

Ёмкость конденсатора C1 обеспечивает срабатывание реле K1 при уменьшении напряжения сети до 170 В, а для того, чтобы реле не перегревалось при превышении напряжением сети номинального значения, установлен стабилитрон VD2.



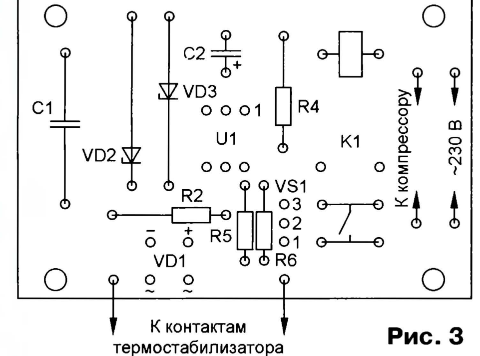




**Рис. 3**

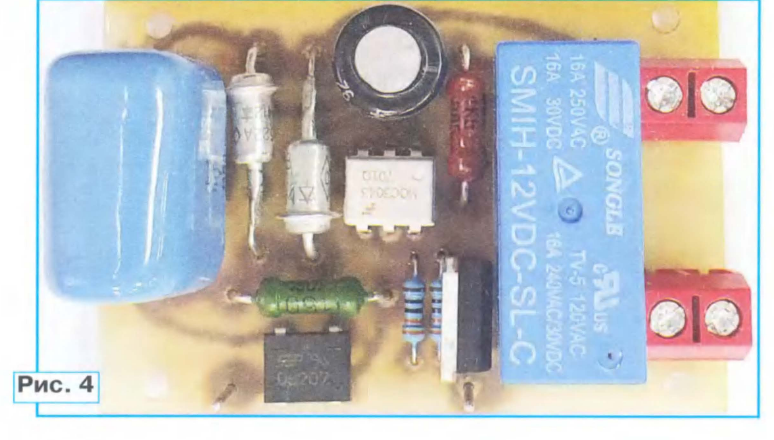



**Рис. 4**

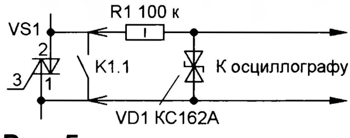



**Рис. 5**

В устройстве использованы резисторы МТ и МЛТ и их импортные аналоги указанной на схеме мощности, конденсатор C1 — К73-17, C2 — К50-35. Диодный мост VD1 можно заменить на любой малогабаритный мост с допустимым импульсным током не менее 2 А и номинальное напряжение не менее 40 В или на четыре диода серии 1N400x или КД243 с любым буквенным индексом. При отсутствии стабилитрона на 22 В (VD2) можно последовательно соединить два, суммарно обеспечивающих необходимое напряжение.

Симисторный оптрон U1 должен иметь свойство включаться при прохождении напряжения на нём через нуль и иметь ток включения не более 5 мА, подойдут, кроме указанного на схеме, MOC3063, MOC3083. Симистор VS1 — на номинальное напряжение не менее 400 В и требуемый нагрузкой ток.

В устройстве использовано реле SMIH-12VDC-SL-C на рабочее напряжение 12 В с двумя группами контактов на переключение (используемые контакты соединены параллельно), сопротивление обмотки — 270 Ом, ток срабатывания — 30 мА. В справочных данных на это реле указано, что его контакты в разомкнутом состоянии могут выдерживать напряжение 240 В переменного тока. При резистивной нагрузке оно может коммутировать ток 16 А при напряжении переменного тока 125 В, а при резистивно-индуктивной ($\cos\phi = 0{,}4$) — 5 А при 125 В переменного тока. Таким образом, в соответствии с паспортными данными, сколь-нибудь мощную нагрузку с питанием от сети 230 В коммутировать им нельзя. В описываемом устройстве замыкание и размыкание контактов реле происходит при напряжении на них в разомкнутом состоянии, не превышающем нескольких вольт, что исключает искрение и не даёт контактам разрушаться.

Устройство собрано на печатной плате из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1 мм. Чертёж платы и расположение элементов приведены на **рис. 3**, а общий вид смонтированной платы — на **рис. 4**.

Резисторы R1 и R3 припаяны со стороны печатных проводников. Для подключения к цепям холодильника в плату впаяны клеммники KLS2-128-5.00, для подсоединения к термостабилизатору A1 установлены два штыревых контакта диаметром 1 мм от разъёма 2PM.

Устройство вместе с термостабилизатором W1209 помещено в пластмассовый корпус с габаритами 134×75×50 мм.

Для проверки работы устройства было нагружено на конвектор мощностью 2 кВт. Параллельно контактам реле K1 и симистору VS1 был подключён делитель-ограничитель напряжения по схеме **рис. 5**, сигнал с него подан на осциллограф. Подключение

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

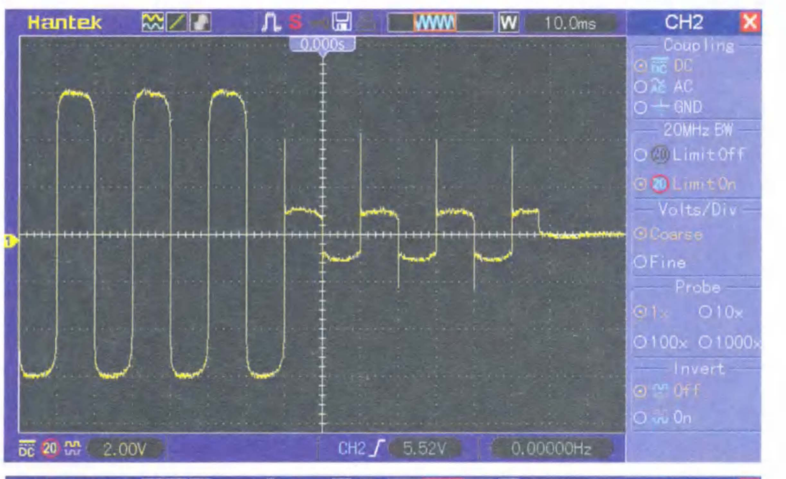



Рис. 6

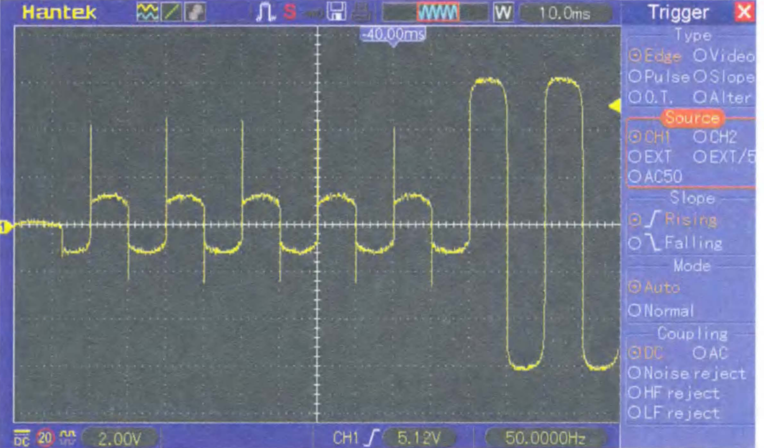



Рис. 7

осциллографа через такую цепь не только защищает осциллограф от высокого напряжения, но и позволяет на осциллограмме видеть фазовые соотношения высокого напряжения сети и небольшого падения напряжения на открытом симисторе. Для подачи команды на включение нагрузки использовалась кнопка серии КМ1. На время измерений устройство было подключено к сети через разделительный трансформатор соответствующей нагрузке мощности для обеспечения электробезопасности.

На **рис. 6** приведена осциллограмма подачи напряжения на нагрузку. В левой части осциллограммы — ограниченное стабилитроном до уровня ±6 В напряжение сети, проходящее через нагрузку и приложенное к контактам реле и симистору VS1. Момента замыкания кнопки на осциллограмме не видно. Справа на осциллограмме после замыкания кнопки при прохождении напряжения через нуль, точнее, при достижении на разомкнутых контактах, симисторе VS1 и симисторе оптрона U1 напряжения около 4 В происходит включение симисторов. Падение напряжения на включённом симисторе при токе нагрузки 8,7 А — около 1 В. Симисторы остаются включёнными примерно 3,3 периода напряжения сети, после чего замыкаются контакты реле. Момент замыкания контактов не привязан к фазе напряжения сети.

На **рис. 7** — осциллограмма снятия напряжения с нагрузки. В начале осциллограммы видно размыкание контактов реле и открывание симисторов, также не привязанные к фазе напряжения сети, далее симисторы открываются в моменты прохождении напряжения сети через нуль. Спустя 5,3 периода напряжения сети при очередном прохождении напряжения через нуль симисторы не включаются и напряжение сети с нагрузки снимается.

Интересно разобраться, почему при работе симистора как при включении, так и при выключении наблюдаются выбросы напряжения с амплитудой 2...4 В. По-видимому, происходит следующее. При подходе напряжения сети к нулю ток нагрузки уменьшается и при напряжении сети около 4 В становится меньше тока удержания симистора, который закрывается. Уменьшающееся напряжение сети (от 4 В до нуля) проходит через нагрузку и даёт на осциллограмме выброс напряжения, совпадающий по знаку с напряжением на симисторе перед прохождением через нуль.

После прохождения через нуль увеличивающееся напряжение сети (от нуля до 4 В) проходит через нагрузку и даёт на осциллограмме выброс напряжения, совпадающий по знаку с напряжением на симисторе после прохождения через нуль. При напряжении на симисторе около 4 В он открывается и падение напряжения на нём становится при данной нагрузке чуть менее 1 В.

Как и было задумано, замыкание и размыкание контактов реле происходит при напряжении на них (в разомкнутом состоянии), не превышающем нескольких вольт, что позволяет рассчитывать на длительный срок службы реле.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Бирюков С.** Управление симистором с помощью геркона. — Радио, 2021, № 12, с. 39—41.

2. **Артамонов О.** Щёлкаем реле правильно: коммутация мощных нагрузок. — URL: **https://habr.com/ru/company/unwds/blog/390601/** (19.12.22).

3. **Бирюков С.** Расчёт сетевого источника питания с гасящим конденсатором. — Радио, 1997, № 5, с. 48—50.

# Приставка для светового сопровождения музыкальных композиций

*В. КРАВЦОВ, г. Новороссийск Краснодарского края*

Более 50 лет очарованные цветомузыкой отдельные энтузиасты-радиолюбители продолжают самостоятельно конструировать различные по сложности цветомузыкальные установки (ЦМУ). Не избежал этой участи и автор этой статьи, разработавший свою первую цветомузыку в далёком 1976 г. В то время это были простые устройства, построенные с применением транзисторов и окрашенных цапонлаком или цветными чернилами



Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

по желатиновому покрытию ламп накаливания. В прожекторах иногда использовались обычные лампы накаливания на напряжение 220 В, управляемые тиристорами, но их использовали нечасто ввиду дефицитности и дороговизны последних. В последние годы, с появлением экономичных мощных светодиодов и светодиодных матриц различных цветов, изготовить ЦМУ в домашних условиях оказалось проще.

Предлагаемая приставка для светового сопровождения музыкальных композиций лишена большинства недостатков, присущих подобным устройствам. Нагрузкой выходных каналов могут быть как светодиодные прожекторы, так и лампы накаливания. Питание приставки и выходных каналов раздельное, что позволяет подключать источники света с различным номинальным напряжением и потребляемой мощностью, верхний предел которых определяется типом применяемых в этих каскадах мощных полевых транзисторов. С помощью широтно-импульс-

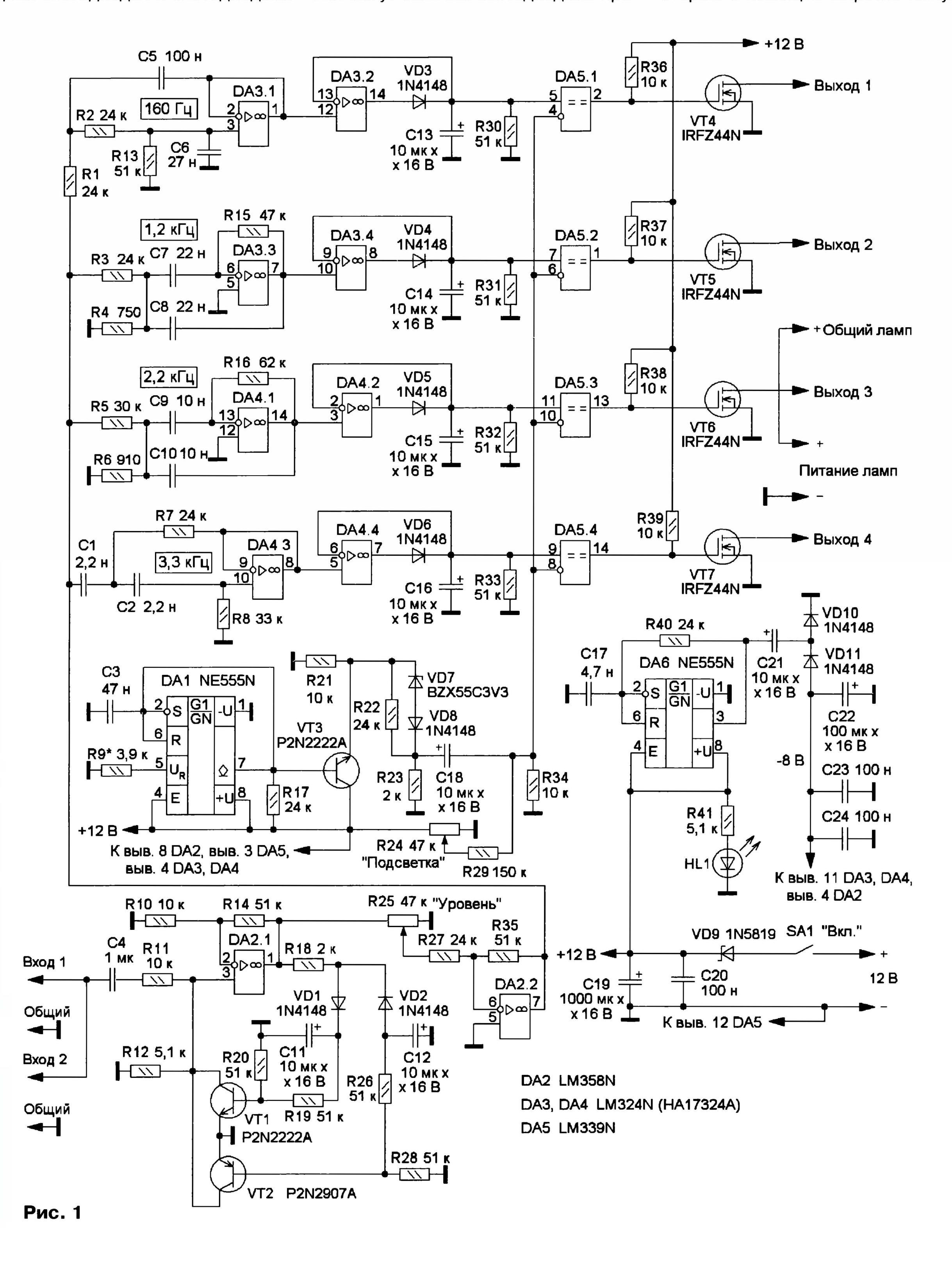



**Рис. 1**

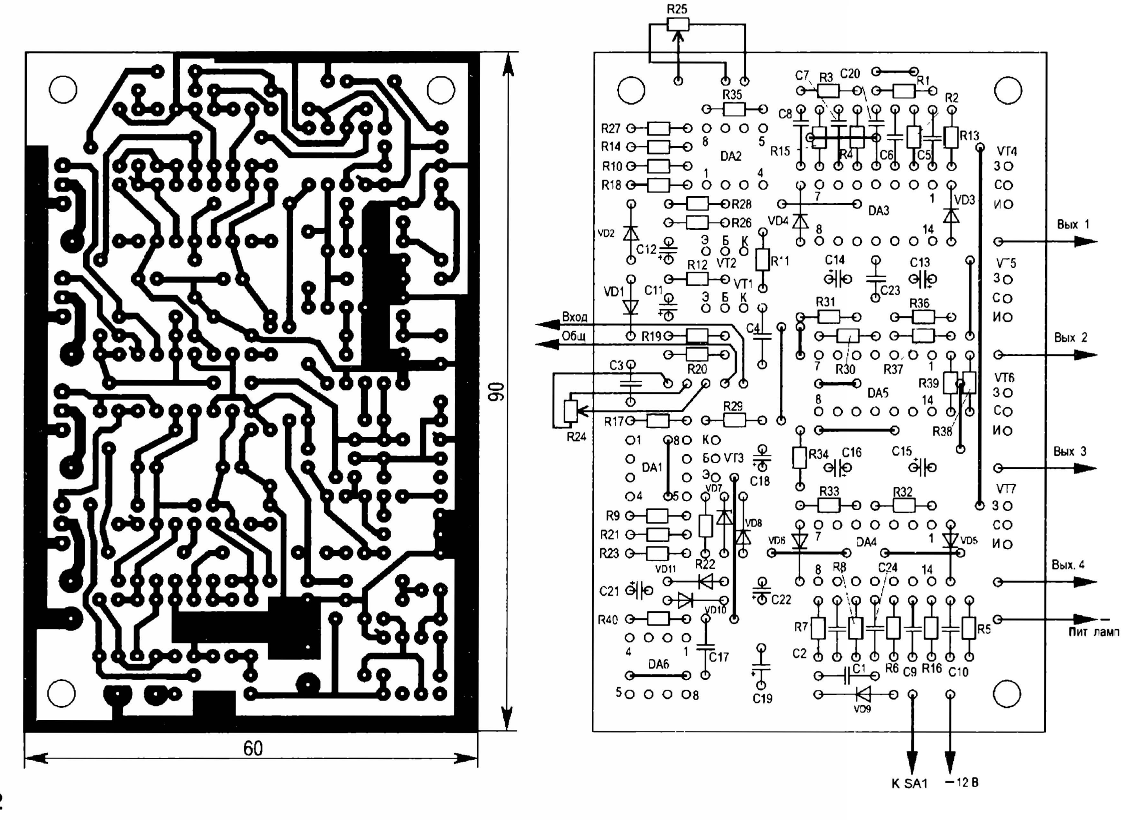



**Рис. 2**

ного (ШИ) управления этими транзисторами производится изменение яркости источников света в зависимости от интенсивности и частотного спектра музыкального сигнала. Для формирования ШИ-сигнала обычно применяются генераторы линейного пилообразного напряжения и компараторы, сравнивающие с ним входное напряжение. Особенностью предлагаемой конструкции является использование экспоненциально преобразованного пилообразного напряжения, что приводит к разной чувствительности ШИ-управления к малым и большим амплитудам входного сигнала. В результате источники света на основе мощных светодиодов или ламп накаливания начинают хорошо реагировать не только на музыкальные фрагменты с большой акустической интенсивностью, но и с малой, что значительно улучшает их эстетическое восприятие. Благодаря наличию АРУ приставку можно подключать к любому выходу аудиоустройства, от линейного, с типовым номинальным напряжением 0,5...0,7 В, до выхода на акустические системы.

**Рис. 3**

Схема устройства приведена на **рис. 1**, оно функционально состоит из нескольких узлов. Сигнал от аудиоустройства через конденсатор C4 и резистивный делитель R11R12 поступает на вход усилителя с АРУ, реализованного на операционном усилителе DA2. Элементы усилителя подобраны так, что при уровне входного сигнала до 1 В он просто усиливается в четыре раза и с движка переменного резистора R25 поступает на частотные фильтры. При превышении входным напряжением указанного значения выпрямленное диодами VD1 и VD2 напряжение сглаживается конденсаторами C11, C12 и через резисторы R19, R26 поступает на базы транзисторов VT1, VT2, которые начинают приоткрываться и шунтировать неинвертирующий вход ОУ DA2.1. В результате усиление снижается как для плюсовой, так и минусовой полуволны, но не мгновенно, что привело бы к появлению искажения формы сигнала и изменению частотного спектра, а с постоянной времени, определяемой ёмкостью конденсаторов C11, C12 и сопротивлением резисторов R19, R20, R26, R28. На выходе этого усилителя средний уровень сигнала не превышает 4 В при входном напряжении 10 В и более.

Далее нормализованный аудиосигнал поступает на активные частотные фильтры 2-го порядка, собранные на операционных усилителях DA3.1, DA3.3, DA4.1, DA4.3. Пассивные элементы этих фильтров рассчитаны с

помощью онлайн-ресурсов в Интернете, и их параметры могут быть иными, чем у автора. Важно, чтобы их частоты соответствовали указанным на схеме. При расчёте приоритет следует отдать имеющимся в наличии конденсаторам, зная ёмкость которых, затем рассчитывают сопротивления резисторов.

Выделенные фильтрами сигналы поступают на входы амплитудных детекторов, собранных на ОУ DA3.3, DA3.4, DA4.2, DA4.4, диодах VD3—VD6 и конденсаторах C13—C16. В отличие от простых детекторов на диодах, применённые детекторы позволяют исключить нелинейность детектирования в области малых сигналов, что приводило бы к отсутствию реакции цветомузыкального устройства на небольшой уровень аудиосигнала. Выпрямленные сигналы сглаживаются конденсаторами C13—C16, что обеспечивает плавность изменения яркости источников света. Постоянная времени определяется ёмкостью этих конденсаторов и сопротивлением подключённых параллельно им соответствующих резисторов R30—R33.

Для получения ШИ-сигнала на выходе компараторов DA5 требуется пилообразное напряжение, которое формируется с помощью генератора на таймере DA1. Частота пилообразного сигнала — около 2 кГц и задаётся резистором R17 и конденсатором C3. Он усиливается транзистором VT3 и затем поступает на нелинейный преобразователь, реализованный на стабилитроне VD7, диоде VD8 и резисторах R22, R23, на выходе которого формируется экспоненциальное нарастающее пилообразное напряжение размахом около 1 В, уровень которого корректируется с помощью резистора R9. За счёт конденсатора C18 это напряжение на резисторе R34 становится двухполярным и поступает на инвертирующие входы компараторов DA5.1—DA5.4. Изменение среднего значения этого сигнала производится с помощью резистора R29 и переменного резистора R24 "Подсветка". При перемещении движка этого резистора влево по схеме пилообразное напряжение становится полностью положительным, и, в зависимости от его значения, формируется порог нечувствительности, позволяющий реализовать режим визуализации только громких сигналов, особенно эффективный при прослушивании громкой ритмичной музыки. При перемещении движка вправо по схеме устанавливают уровень начальной подсветки ламп, позволяющий линеаризовать их светоотдачу при малом уровне входного сигнала, что полезно при прослушивании спокойных музыкальных композиций.

Приставка имеет два параллельно соединённых входа для подключения внешнего аудиосигнала. К одному входу подключается линейный выход аудиоустройства, а к другому — кабель, идущий на вход усилителя мощности, или к обоим входам подключаются правый и левый линейные выходы источника звука.

Преобразователь полярности напряжения на таймере DA6 предназначен для получения напряжения −8 В, необходимого для нормальной работы ОУ DA2—DA4. Для питания узлов приставки требуется подходящий источник питания, обеспечивающий на выходе постоянное напряжение 12 В и ток не менее 70 мА. Подключение производится через стандартное гнездо питания, в авторском варианте это KLS1-DC-025B-2.0 под штекер диаметром 5,5 мм и штыревой частью 2,1 мм. Внешние цветные прожекторы подключают к отдельному источнику питания, параметры которого должны соответствовать техническим условиям на используемые источники света. Такое решение позволяет использовать практически любые лампы накаливания или светодиодные матрицы. Например, автором были использованы автомобильные лампы напряжением 24 В и различные цветные светодиодные модули мощностью 10 Вт и напряжением 12 В. Если к одному каналу требуется подключить источники света с разным напряжением, у соответствующих блоков питания плюсовые выходы подключают к разным лампам, вторые выводы этих ламп с помощью мощных диодов, анодом к лампе, объединяются и подключаются к выбранному каналу. Минусовые выходы этих блоков питания соединяют вместе и подключают к общему проводу выходных каскадов на приставке. При использовании источников света на напряжение 12 В маломощный источник питания можно не применять, а просто соединить коротким кабелем со штекером вход питания приставки с разъёмом для подключения мощного БП. В этом случае цветомузыкальную установку можно использовать в полевых условиях, используя питание от автомобильного аккумулятора и даже в самом автомобиле.

Большинство элементов одного канала приставки размещены на печатной плате из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм, чертёж которой показан на **рис. 2**. Большинство электронных компонентов, использованных автором, можно заменить аналогичными других производителей. Вместо ОУ LM358N можно применить ОУ RC4558D или отечественный КР1401УД5. ОУ LM324N заменимы ОУ HA17324A или отечественными К1401УД2А, а компаратор LM339N — на LM2901N или К1401СА1. Отечественный аналог таймеров NE555N — таймер КР1006ВИ1. На месте транзисторов P2N2222A можно применить транзисторы PN2222A или отечественные серии КТ3102 с любым индексом, а вместо транзистора P2N2907A — PN2907A или отечественные серии КТ209. Взамен диодов 1N4148 можно применить диоды серии КД521 или КД522. Диод VD9 может быть любой Шоттки с допустимым прямым током 0,5...1 А. Стабилитрон VD7 — любой маломощный с номинальным напряжением 3,3 В, например КС133А. Оксидные конденсаторы — К50-35 или импортные с номинальным напряжением не менее 16 В. Остальные конденсаторы желательно использовать плёночные К73-17 или импортные аналоги. Постоянные резисторы — любые малогабаритные металлоплёночные МЛТ, С2-23 и другие. Переменные резисторы R24, R25 — СП3-4аМ, СП3-30А, импортные 16К1 или подобные, с линейной регулировочной характеристикой. Сопротивление этих резисторов может быть любым в интервале от 10 кОм до 100 кОм. Полевые транзисторы VT4—VT7 должны быть рассчитаны на работу с применяемыми светильниками. Для большинства случаев хорошо подходят MOSFET серий IRF3710, IRF8010, IRF3415 и другие. При токе нагрузки в несколько ампер на канал теплоотводы для транзисторов не требуются, но в случае использования мощных галогенных ламп он может понадобиться.

В авторском варианте цветомузыкальная приставка выполнена в металлическом корпусе размерами 200×100×50 мм. В нём размещены две одинаковые платы управления для левого и правого аудиоканалов, как показано на **рис. 3**. Поэтому на задней стенке корпуса установлены четыре RCA-гнезда RS-104, а на передней — переменные резисторы, тоже четыре штуки. Выключатель питания — клавишный KLS7-024-20101BB. Светодиод HL1 — любой зелёного свечения с диаметром корпуса 3 мм. Подключение внешних источников света производится с помощью двух разъёмных блоков клеммников 2EDGRC-5.08-08p-14-00AH, размещённых на задней стенке (**рис. 4**) с ответными частями 2EDGK-5.08-08p-14-00AH, а блок питания к ним подключается через разъёмный клеммный блок типа 2EDGRC-5.08-04p-14-00AH с ответной частью 2EDGK-5.08-04p-14-00AH.

Рис. 4

*От редакции. Чертёж печатной платы находится по адресу http://ftp.radio.ru/pub/2023/02/zmu.zip на нашем FTP-сервере.*




# История шифровальной машины "Энигма"

*Георгий ЧЛИЯНЦ (UY5XE), г. Львов, Украина*

Шифровальная машина "Энигма" вошла в анналы истории всемирной разведки. Ей посвящено множество книг и статей-воспоминаний работников спецслужб многих стран мира [1—3].

История электрической роторной переносной шифровальной машины "Энигма" начинается в 1917 г. с патента, полученного голландцем Хьюго Коч (Hugo Koch). Название "Энигма" в переводе с греческого языка означает "Загадка". Её первый вариант осенью 1919 г. Хьюго Коч запатентовал в Голландии. Через несколько лет он передал права на свой патент доктору-инженеру из Дюссельдорфа Артуру Шербиусову (Arthur Scherbiusow), который в конструкцию внёс несколько технических изменений и доработок, в основном, по необходимому постоянному изменению ритмичности (такту) вращения валиков "сердца" машины — "шифровального барабана", которое должно было быть в строгом соответствии с аналогичной машиной на другом конце канала радиосвязи.

На первых порах "Энигма" не пользовалась особым спросом в 1926—1928 гг. Рейхсвер (военное ведомство Веймарской республики, которая существовала на территории Германии в 1919—1933 гг. до прихода к власти фашистской диктатуры) приобрёл всего несколько её экземпляров для своего военно-морского флота.

В 1934 г. А. Шербиусов отошёл от этого проекта, но им занялись доктор Рудольф Хеимсоэт и Элсбэт Ринке.

С этого момента начался настоящий бум в продаже этих машин — их торговая фирма ("Heimsoeth & Rinke") с 1935 г. и до второй половины Второй мировой войны поставляла разные модели и модификации "Энигмы" как германским ведомствам (Вермахт, СС, СД, Абвер, полиция, аппарат правительства и МИД), так и своим сателлитам — Испании, Италии и Японии. Всего было продано свыше 1000 экземпляров. Так, например, в немецкой армии они стали единственной моделью применяемых шифровальных машин, начиная со штабов дивизий и бригад в вышестоящие штабы с применением "Энигмы" передавались абсолютно все радиограммы.



*М. Реевский, Х. Зыгальский и Й. Розицкий, 40-е годы.*

Вполне естественно, что радиоразведки некоторых стран (например, Польша и Франция) сразу столкнулись с проблемой невозможности расшифровки перехватываемых радиограмм.

Происходит казусный случай, который в дальнейшем позволил ускорить возможность дешифрования перехватываемых немецких радиограмм. В начале 1928 г. в Варшавскую таможню попадает из Германии посылка. В прилагаемой к ней декларации значится радиопередатчик. Буквально тут же от отправителя приходит запрос-требование на её возврат, как якобы направленной по ошибочному адресу. Заподозрив неладное, польские таможенники информируют об этом свою спецслужбу. Когда открыли ящик, то увидели, что вместо передатчика там находится так называемая "гражданская" модель "Энигмы". Посылку возвращают отправителю, но через подставного посредника спецслужба высылает немецкой фирме заказ на аналогичную модель.

Получив её, польские разведчики поняли, что всё не так просто и зависит от криптологов, которых в распоряжении нет. В 1929 г. в Познаньском университете создаётся кафедра криптологии (греческое слово "крипто" обозначает "тайна", "сокрытие"), на которой начинают обучение двадцать лучших студентов. С 1934 г. она преобразуется в Институт математики.

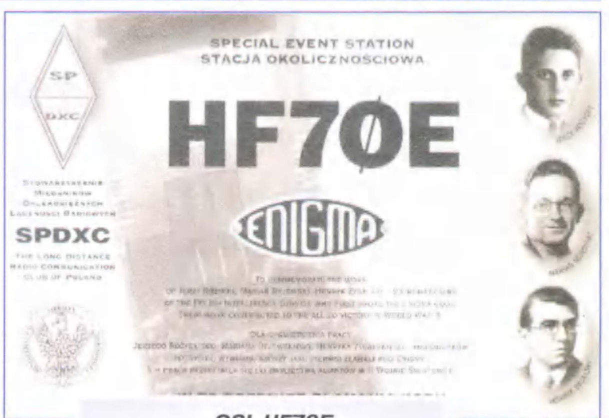
В конце 1931 г. три студента-математика этой кафедры Марьян Реевский (Marian Rejewski), Хенрик Зыгальский (Henryk Zygalski) и Йержи Розицкий (Jerzy Rozycki) получают задание заняться расшифровкой кодов "Энигмы".

Трудности расшифровки заключались в том, что её нельзя было произвести обычными статистическо-лингвистическими методами, поскольку машина работала как бы хаотически. Марьян и его коллеги каждый день обрабатывали от 80 до 100 перехваченных радиограмм, чтобы постепенно понять основные принципы работы


Трёхроторная военная немецкая шифровальная машина "Энигма".



QSL GB2BP.



QSL HF70E.

машины. Через некоторое время криптологи получили в своё распоряжение ещё один экземпляр "Энигмы", разборка которой позволила изучить механику её "сердца" ("шифровального барабана"). Хотя это и не привело к полной дешифровке кода, но очень приблизило к этому.

Перелом наступил в 1932 г., когда шеф французской разведки капитан Густав Бертранд (Gustaw Bertrand) по согласованию с разведкой Великобритании передаёт польской разведке полученные им от завербованного агента — работника шифровального отдела Рейхсвера (его псевдоним был "Asche", что означает "Пепел") важные материалы: несколько немецких секретных книг с военными кодами ("А", "В", "С", "D", "Е" и так называемым "Чёрным кодом") и таблицы их ежемесячных изменений, документы основных мануальных кодов, основы шифров и инструкции по их использованию, образцы шифровок и отвечающие им незашифрованные тексты, а также другие важные документы.

В декабре 1932 г. польские криптологи получают в своё распоряжение секретные инструкции Рейхсвера об основах применения военной модели "Энигма-1", которые были добыты через Эриха Феллгиебла (Erich Fellgiebl; впоследствии — генерала, начальника информационной службы Вермахта).


Королевская чета Великобритании знакомится с экспонатом "Энигмы" в Музее разведки, 90-е годы.

"Энигма-1" имела астрономическое число возможных вариантов кодирования. И самым главным отличием от "гражданской" модели было наличие дополнительной панели со специальными коммутационными гнёздами, контакт каждого из которых имел собственный "ключ". Не имея в своём распоряжении самой машины, по полученным документам, в течение двадцати дней, был произведён теоретическо-математический анализ конструкции "шифровального барабана" и коммутационной панели, а также методы и рекомендации по последующей дешифровке перехватываемых радиограмм военного назначения — текстов в виде пятизначных групп.

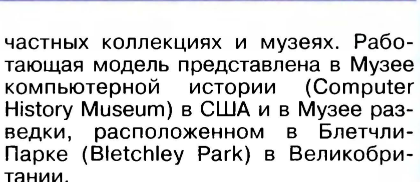
Через руководителя радиослужбы (отдел BS-4) польской разведки генерала Максимилиана Циецкого (Maksymilian Ciezki) на польских радиопредприятиях "AVA" был размещён заказ на изготовление нескольких экземпляров-аналогов модели "Энигма-1".

С началом Второй мировой войны польские криптологи были перебазированы в Лондон, что позволило союзникам в течение всего периода войны "прикладывать своё ухо ко рту Гитлера". Эта операция по дешифрованию англичанами перехваченных ими немецких сообщений вошла в историю под названием "Ультра". Перехват радиосообщений противника выполняли десятки приёмных станций, имевших кодовое название "Y-station".

В СССР код "Энигмы" был взломан к концу 1940 г. В числе полученной информации были и сведения о подго-




Итальянский диплом.



Кодировочная машина "Фиалка".

товке вторжения в СССР. Несмотря на риск раскрытия источника, сведения были переданы правительству. Однако И. Сталин не поверил в возможность нападения. Несмотря на опасения о возможности Германии слушать советские радиопереговоры, 24 июля 1941 г. У. Черчилль распорядился всё-таки делиться с СССР информацией, получаемой в результате операции "Ультра", при условии полного исключения риска компрометации источника.

С современной точки зрения шифр "Энигмы" был не очень надёжным, но только сочетание этого фактора с наличием множества перехваченных сообщений, кодовых книг, донесений разведки, результатов усилий военных позволило "вскрыть" шифр. После окончания войны все машины были разобраны. Много позже группа из 60 энтузиастов в исследовательских целях воссоздала одну из машин, на что ушло около 10 лет.

"Круглые" даты в истории "Энигмы" не обошли и радиолюбительский эфир. Очевидно, многие коротковолновики имеют в своей коллекции QSL's, работавших в 1999 г. мемориальных позывных: польской — 3Z0ENI, английских — GB60ENI и GB2BP (Музей разведки).

В 2002—2003 гг. в эфире были активны 12 специальных польских позывных: HF70E(N, I, G, M и A) и SN70E(N, I, G, M и A). А SP-DX-Club выдавал и специальный диплом "ENIGMA Award".

В 2014 г. выдавался итальянский диплом.

В сентябре—октябре 2017 г. были активны семь польских спецпозывных (SN0: AP, BP, ENI, NONE, NTWO, RKD и SB).

Если же говорить о СССР, то вскоре после Второй мировой войны была разработана шифровальная машина "Фиалка" (М-125), которая до начала 90-х годов использовалась в странах Варшавского договора. Они выпускались с различными наборами "колёс", как с общими для всех стран, так и для конкретной страны Варшавского договора. Известно обозначение нескольких их модификаций: "0К" — для всех стран (в случае войны), "1К" — для СССР, "3К" — для ПНР, "4К" — для ГДР и "6К" — для ЧССР.

Большая их часть после распада СССР была разобрана или уничтожена. Несколько экземпляров хранятся в частных коллекциях и музеях. Работающая модель представлена в Музее компьютерной истории (Computer History Museum) в США и в Музее разведки, расположенном в Блетчли-Парке (Bletchley Park) в Великобритании.

В истории криптографии до 2005 г. мало что было известно о "Фиалке", поскольку вся информация о её устройстве держалась в секрете. Её более правильное определение — кодировочная машина, она обладала более слабой криптостойкостью, чем шифровальные машины.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Dittmer U.** Operacja ENIGMA. — Swiat Radio, 1996, № 10, s. 21—23.

2. **Jarkiewicz S.** (SP2FAP). 3Z0ENI z Kolaczkowa. — MK QTC, 1999, № 9, s. 226, 227.

3. **Маклахлан Д.** Тайны английской разведки (1939—1945) (сокр. перевод с англ. К. Д. Данилова и В. А. Александрова, под ред. А. М. Митрофанова). — М.: Воениздат, 1971, 352 с.

# Ультразвуковой приёмник MFJ-5008

*Лука КЛЭРИ (IW7EEQ), г. Таранто, Италия*

В этой статье мы опишем и обсудим одно из многих изделий, выпускаемых под маркой MFJ, — ультразвуковой приёмник MFJ-5008. Этот прибор обнаруживает помехи от линий электропередач, которые могут создавать помехи в диапазонах КВ и УКВ, затрудняя слышимость слабых станций и затрудняя завершение радиосвязи. Шум часто исходит от линий электропередач прямо за вашей дверью.

Электротехнические компании и электрики обычно не очень охотно помогают в решении проблем с шумом (особенно в многоквартирных домах для нас, радиолюбителей), и в любом случае не все компании в наш век финансовых ограничений имеют необходимое оборудование или обученный персонал для правильного определения близлежащих источников шума.

MFJ-5008 помогает обнаружить источники шума, создаваемого коронными и дуговыми разрядами в электрических системах. Это устройство представляет собой акустический приёмник, настроенный на ультразвуковой диапазон 40 кГц, который может прослушивать ультразвуковой шум, создаваемый коронными и дуговыми разрядами, генерирующими помехи в линиях электропередач.

В нём используется пластиковая параболическая антенна диаметром около 20 см (18 дюймов), которая обеспечивает узкую ширину луча для обнаружения источников на расстоянии 15 м (**фото 1**). "Тарелка" имеет небольшое фокусное расстояние, благодаря чему общая глубина равна всего 17 см. При установке на антенну рукоятки



Фото 1



Фото 2

Фото 3



центр тяжести перемещается ближе к самой рукоятке, что снижает усталость рук из-за массы, приходящейся на переднюю часть. Ультразвуковой преобразователь установлен внутри прочного металлического держателя, который способствует уменьшению изгиба и деформации "тарелки" (**фото 2**). Прицельные отверстия в держателе датчика и на "тарелке" совмещены с максимумом диаграммы направленности, что позволяет точнее идентифицировать близлежащие источники шума (**фото 3—фото 5**).

Электронная "начинка" приёмника установлена на рукоятке для удобства управления. Он работает от стандартной батареи напряжением 9 В. Коэффициент усиления приёмника таков, что можно принимать шумы, генерируемые источниками помех в линии электропередач, расположенными на расстоянии нескольких сотен метров. Разъём для головных телефонов диаметром 3,5 мм позволяет использовать любые стерео- или монофонические телефоны.

С помощью MFJ-5008 можно не только обнаружить источники шума силовых линий, но и прослушать широкий спектр звуков природы! В ультразвуковом диапазоне можно легко услышать летучих мышей, птиц и насекомых. MFJ-5008 также может дать вам совершенно новый взгляд на окружающую вас дикую природу и использоваться в альтернативных, например, в экологических целях. Он также может помочь вам обнаружить источники механического шума в ультразвуковом диапазоне. Его размеры — 52×50×18 см, а масса — 1,1 кг.

Фото 5

Фото 4



Интересное видео доступно по ссылке **https://youtu.be/Qsv5sC60R6o**, откуда были взяты фотографии, сопровождающие эту статью.

# УКВ-фильтр на спиральных резонаторах

*Владимир ПРИХОДЬКО (EW8AU), г. Гомель, Беларусь*

В настоящее время в городах сложная электромагнитная обстановка, и не только в диапазонах ДВ-СВ-КВ, но и УКВ. Простые недорогие трансиверы имеют невысокую избирательность и небольшой динамический диапазон. Применив на входе радиоприёмника узкополосный фильтр, можно ослабить внеполосные помехи, что улучшает качество приёма. Фильтр, описание которого приводится далее, был проверен с разными радиостанциями в разных районах нашего города. Без него в некоторых местах приём слабых станций был просто невозможен. Конкретные конструктивные данные фильтра полностью не приводятся, их можно получить в результате расчёта с помощью On-line калькулятора [1]. При налаживании был использован векторный анализатор цепей NanoVNA [2, 3].

Конструктивно фильтр состоит из корпуса, разделённого на два отсека перегородкой, в которой сделано прямоугольное окно связи. Использован хорошо проводящий материал. В каждом отсеке размещены катушка индуктивности и конструктивный подстроеч-

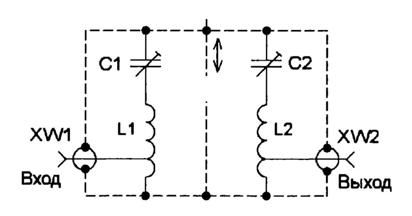



**Рис. 1**

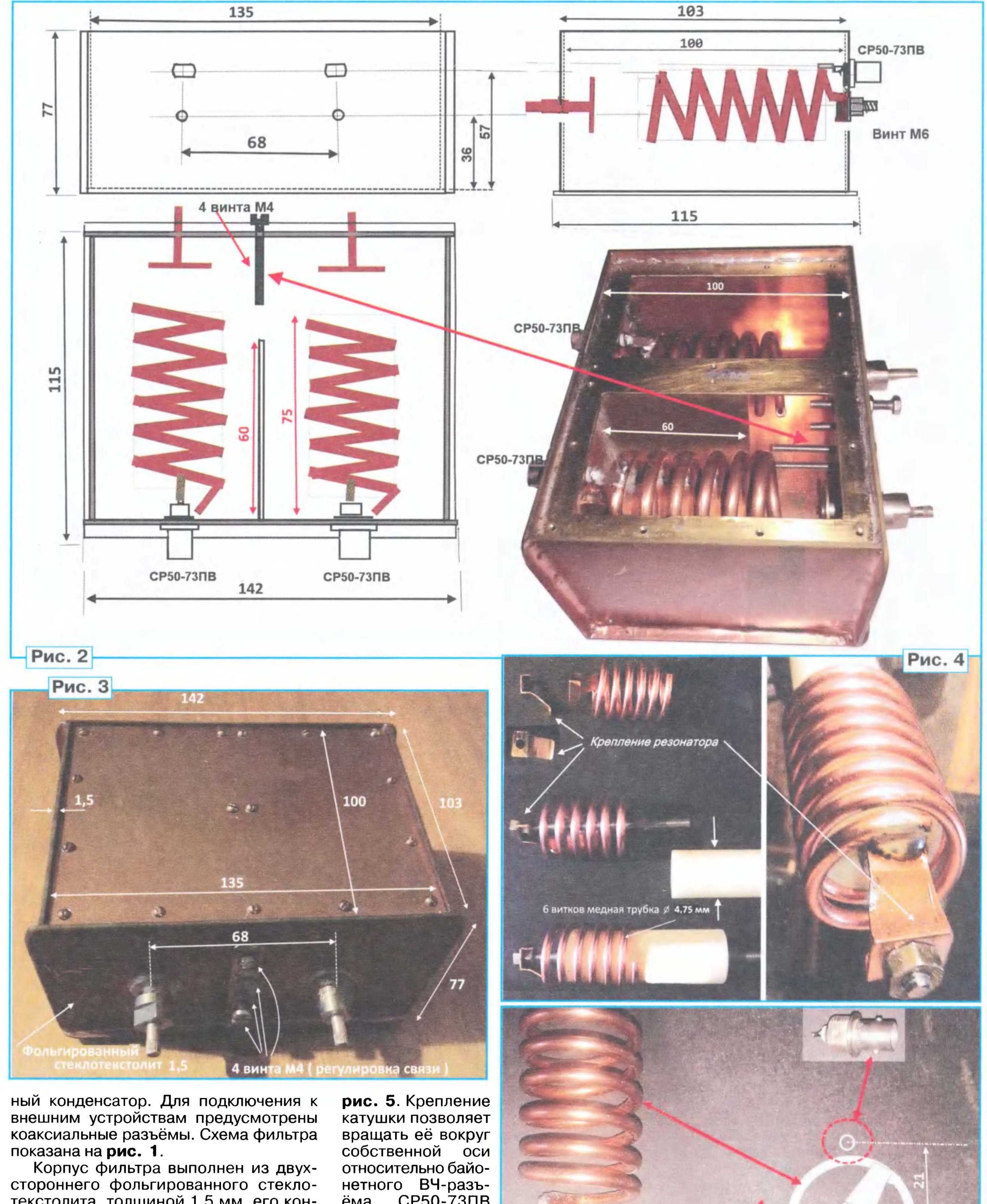



Рис. 2

Рис. 3

Рис. 4

Рис. 5

ный конденсатор. Для подключения к внешним устройствам предусмотрены коаксиальные разъёмы. Схема фильтра показана на **рис. 1**.

Корпус фильтра выполнен из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита, толщиной 1,5 мм, его конструкцию поясняют **рис. 2** и **рис. 3**. Катушки намотаны медной трубкой диаметром 4,75 мм. Такую трубку можно приобрести на автомобильном рынке (трубка тормозная медная 4,75 мм). Конструкцию и способ изготовления катушек иллюстрируют **рис. 4** и **рис. 5**. Крепление катушки позволяет вращать её вокруг собственной оси относительно байонетного ВЧ-разъёма СР50-73ПВ (СР50-73ФВ), что необходимо при налаживании, когда надо подбирать, какую часть витка следует подключить на вход

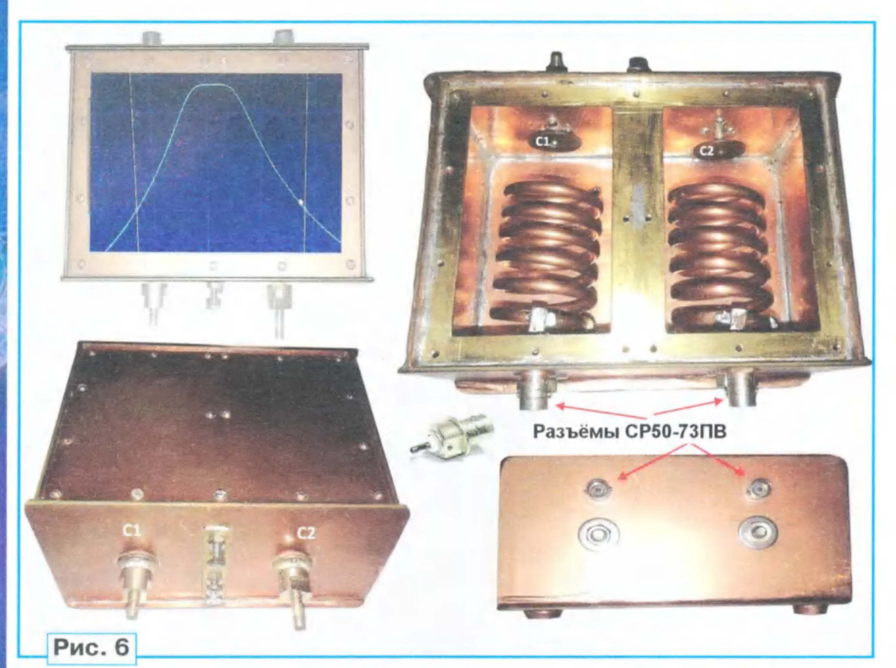



Рис. 6

полосу пропускания в середину требуемого диапазона. Ширину полосы и неравномерность АЧХ в этой полосе регулируют (уменьшают) за счёт уменьшения связи между контурами, вкручивая по очереди четыре винта в окне




Рис. 7

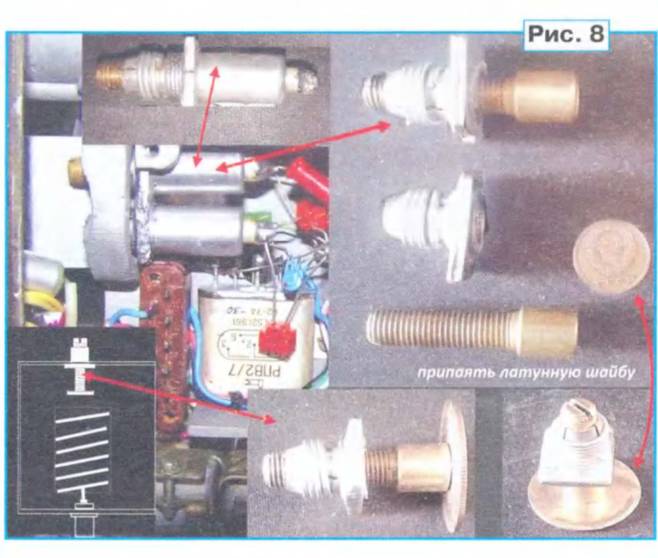



Рис. 8

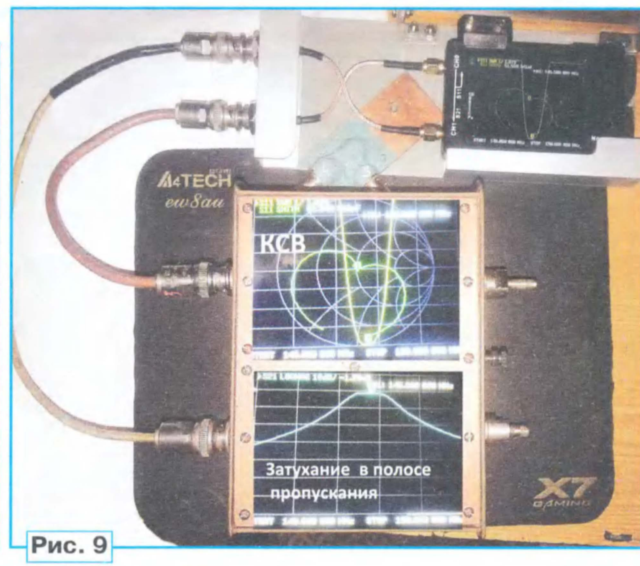



Рис. 9

(или выход) фильтра. В моём случае отвод сделан от 1/6 части витка. Полоса пропускания фильтра зависит от добротности контуров, степени их связи с источником сигнала и нагрузкой, а также связи между контурами. Эту связь можно регулировать, изменяя размер окна между катушками индуктивности. В этой конструкции связь изменяется с помощью четырёх винтов М4.

Плавная подстройка фильтра по частоте осуществляется самодельными подстроечными конденсаторами С1 и С2, конструкцию которых и способ изготовления поясняют **рис. 6** и **рис. 7**. Её можно изменить по своему усмотрению, например, переделать подстроечный конденсатор от старой ламповой радиостанции Р-105М (**рис. 8**). Для этого надо обрезать корпус и припаять шайбу. Шаг резьбы будет небольшой, есть цанга с пружиной, поэтому люфта не будет. В результате получается практически идеальный подстроечный конденсатор.

**Порядок настройки фильтра**. В корпус устанавливают катушки, припаивают центральный проводник ВЧ-разъёма к 1/5...1/6 части первого витка. Подстроечные конденсаторы выводят на минимум ёмкости. Винты, которые регулируют связь между контурами, не ввинчивают и с помощью антенного анализатора смотрят, на какую частоту настроен фильтр. Полоса пропускания должна оказаться немного выше любительского диапазона, например в районе 147...150 МГц. При этом мы увидим не один, а два резонансных пика разной амплитуды, так как у нас полностью открыто окно связи между контурами и связь больше критической. Далее необходимо сжать или раздвинуть витки одной из катушек, чтобы уровнять амплитуды этих двух резонансов.

Следующим действием с помощью подстроечных конденсаторов сдвигают связи. Если полоса пропускания фильтра оказалась уже или шире, её можно немного изменить, перемещая отвод от первого витка к разъёму. В первой и второй катушке отвод должен быть на одинаковом расстоянии от начала витка. КСВ в полосе пропускания и АЧХ фильтра показаны на **рис. 9**.

ЛИТЕРАТУРА

1. Расчёт двухзвенного фильтра на спиральных резонаторах. — URL: **https://coil32.net/ru/calc/helical-resonator.html** (29.12.22).

2. Обзор векторного анализатора цепей NanoVNA. — URL: **https://radiochief.ru/radio/obzor-vektornogo-analizatora-tsepej-nanovna/** (29.12.22).

3. Что такое NanoVNA. — URL: **https://www.42unita.ru/upload/medialibrary/6a2/6a26d5ce6837548198a085414d4eb518.pdf** (29.12.22).

# Студенческий радиоклуб "Спорадик" в проекте "CanSat-Россия"

**В. ПИККИЕВ (RW3WW), г. Курск**

Большинство конкурсов и соревнований, связанных с космосом, чаще всего представляют собой соревнования по дизайну бумаги. Хотя это и полезно, они не дают учащимся удовлетворения от участия в сквозном жизненном цикле сложного инженерного проекта, от его концептуального проектирования через интеграцию и тестирование, фактическую эксплуатацию системы и после завершения миссии — подведения итогов.

Грантовые проекты, упомянутые в статье [1], позволили на базе радиоклуба "Спорадик" и при поддержке администрации Юго-Западного государственного университета (ЮЗГУ) развивать программу молодёжного космического образования в студенческом конструкторском бюро "Инженерно-космическая школа". Основная цель этого бюро направлена на приобщение школьников и студентов к техническому творчеству в области электроники, радиотехники, программирования, в области проектирования и создания прототипов ракет и малых космических аппаратов. Уже несколько лет в клубе проходят подготовку команды, участвующие в российском чемпионате "Воздушно-инженерная школа — CanSat в России", — это спортивно-технические соревнования юных конструкторов, электронщиков и программистов по молодёжному Всероссийскому образовательному проекту "Воздушно-инженерная школа", которые организует и реализует Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова при поддержке государственной корпорации по космической деятельности "Роскосмос".



*Установка на стартовый стол новой ракеты команды "Спорадик" регулярной лиги.*

CanSat — это действующая модель микроспутника массой от 350 до 1000 г. Формат этих соревнований коренным образом отличается от подавляющего большинства картонно-бумажных конкурсов и ориентирован на создание условий для ранней профориентации, реализации творческого потенциала и удовлетворения образовательных потребностей, формирования инженерных компетенций и коммуникативных навыков подростков и молодёжи. Уже более 11 лет проводятся всероссийские чемпионаты, в которых школьные и студенческие команды соревнуются в аппарато- и ракетостроении, попутно изучая принципы работы космических аппаратов, ракет, передачи данных, а также современные методы конструирования, баллистики и механики. В наставниках и экспертах проекта — учёные, доктора наук, инженеры и преподаватели технических и естественно-научных дисциплин ведущих вузов России. В 2022 г. прошёл 11-й чемпионат, в котором приняли участие боле 300 школьников и студентов из разных регионов России.

К участию приглашаются школьники 6—11 классов и студенты профильных сузов и вузов. Участников ожидают отборочные очно-заочные туры в НИИ ядерной физики при МГУ им. М. В. Ломоносова, которые проходят ежегодно в феврале и мае. Команды, сумевшие доказать свою компетентность, приглашаются на финал чемпионата в первую неделю июля для проведения пусков своих моделей на полигоне в г. Камешково (Владимирская область). Победители и лауреаты среди школьников получают шанс льготного поступления в вуз по целевым программам "Роскосмос", а студенты и аспиранты — возможность прохождения практики на государственных и частных предприятиях космической отрасли.



Стартовый стол на полигоне аэродрома в г. Камешково.

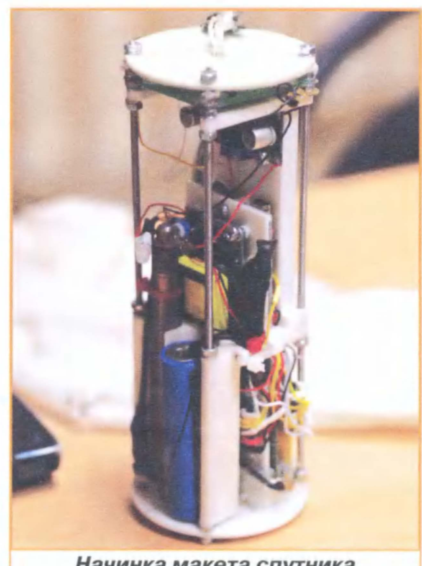
Все основные элементы микроспутника, а именно: бортовой компьютер, приёмопередатчик, научная нагрузка и система питания должны помещаться в несущую конструкцию малого объёма (до 0,5 л) и быть спроектированными и изготовленными командой конструкторов-испытателей. Спутник запускается ракетой и за время подъёма и плавного спуска на парашюте с высоты 1...2 км должен передать полезную информацию, а наземная станция принимать и анализировать полученные данные. Для команды студентов запуск аппарата проводится стратостатом на высоту до 30 км. Этот формат проекта позволяет школьникам познакомиться с перспективным и крайне важным для России направлением будущей профессии, даёт возможность получить опыт взаимодействия в работе со студентами и выбрать в будущем вуз и факультет для продолжения обучения. Студенты получают опыт применения собственных компетенций и навыков, полученных в вузе, и реализуют себя как наставники. Высшим учебным заведениям реализация данного проекта позволяет получить высоко мотивированных абитуриентов, прошедших первичный отбор в рамках конкурсной и соревновательной деятельности. Команды школьников и студентов клуба "Спорадик" в течение последних лет являются победителями и дипломантами этого элитного технического конкурса России.

Чемпионат проводится по нескольким направлениям, отличающимся по разрабатываемому объекту: "Аппараты" и "Носители". Каждое направление делится на лиги, отличающиеся задачами, которые решают участники. По направлению "Аппараты" четыре лиги: юниорская (6—8 классы), регулярная (9—11 классы), высшая и стратосферная (студенты 1—3-го курсов вузов). По направлению "Носители" три лиги: "Группа изучения реактивного движения" (ГИРД) младшая и старшая, суперлига, а также одна лига НЛО.

Первые миллисекунды полёта ракеты.

Основная задача команд юниорской лиги — собрать и запрограммировать электронные модули аппарата, интегрировать их в ракету-носитель и реализовать систему спасения на базе конструктора, предоставляемого организаторами. Для команд регулярной лиги — разработка и создание образовательного аппарата формата CanSat на базе конструктора, также предоставляемого организаторами. Для команд высшей лиги — самостоятельная разработка и создание аппарата массой до 1 кг для последующего запуска на высоту 1...2 км. Для команд стратосферной лиги — самостоятельная разработка и создание стратосферного аппарата массой до 1,5 кг, без использования готовых конструкторов, и запуск на высоту 25...30 км с помощью шара-зонда, предоставляемого организаторами.

Основная задача команд ГИРД — это самостоятельная разработка и создание ракеты-носителя для выведения массогабаритных макетов спутников. Для младшей лиги — на высоту не менее 200 м, для старшей — на высоту не менее 800 м и для суперлиги — на максимально возможную высоту. Для лиги НЛО основная задача — разработать носитель для выведения массогабаритного макета на высоту не менее 200 м не более чем за 200 с.



Начинка макета спутника регулярной лиги.

В Интернете на инженерно-технической площадке [2] действует программа обучения, направленная на подготовку будущих команд по работе с конструкторами, проектированию и программированию. Подготовка проходит



Предстартовая подготовка ракеты в лиге "Юниор" в полевой лаборатории.

в формате видеолекций и онлайн-занятий (вебинаров). Для консультации участников при подготовке проектов организаторы создают профильные чаты и каналы проекта, информация о них и режимах работы консультантов публикуются в группах проекта в социальных сетях и рассылается участникам посредством электронной почты.

Первый этап — это отборочная сессия, мероприятие, включающее очное или дистанционное непубличное выступление команд перед членами экспертной комиссии чемпионата с презентацией технических решений команды и последующий отбор участников для участия в финале чемпионата. Основные критерии отбора участников чемпионата — оценка способности команд реализовать представленный проект, содержательность заявленной исследовательской программы, оригинальности и продуманности предложенных технических решений. К участию в отборочной сессии допускаются делегации в составе руководителя команды и не более трёх участников от каждой команды. Видеозачёт — второе мероприятие отборочной сессии, в рамках которого команды, успешно прошедшие первую отборочную сессию, должны на видеопрезентации продемонстрировать готовность изделия к старту. Все материалы выкладываются в личном кабинете каждой команды.

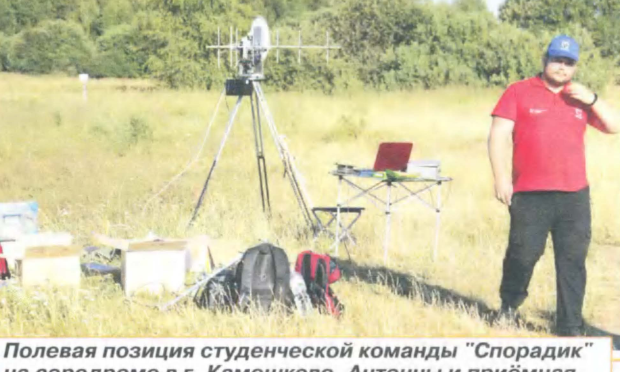
Финал — очное или очно-заочное мероприятие, включающее запуски аппаратов команд и публичное выступление команд перед членами экспертной комиссии чемпионата с презентацией-отчётом о результатах пусков. Место проведения: Владимирский государственный университет (г. Владимир) в г. Камешково на аэродроме "Каменово".

Экспертная комиссия формируется из числа преподавателей МГУ имени М. В. Ломоносова и профильных вузов, специалистов предприятий аэрокосмической отрасли и наиболее квалифицированных руководителей команд. При оценке проектов участников члены экспертной комиссии руководствуются системой критериев, разработанных в положении о соревновании.

Конструкторы (наборы элементов), предлагаемые организаторами в рамках чемпионата, призваны развивать практические инженерно-технические навыки и комплексные взаимосвязанные знания по монтажу электронных компонентов, схемотехнике, разводке печатных плат и программированию встраиваемых систем. Эти конструкторы разработаны специалистами космической отрасли, имеющими педагогический опыт.

Для лиги юниоров многие годы используется конструктор, основу которого составляют набор электрорадиоэлементов, макетная плата, детали конструкции аппарата и материалы для выполнения сборочных операций. С помощью этого набора необходимо спаять электронную начинку, написать программу и запрограммировать микроконтроллер для выполнения миссии полёта, провести тестирование отдельных узлов и аппарата в сборке, рассчитать, изготовить и испытать механизм безаварийного возврата на Землю лётного образца. Кроме того, каждая команда должна выбрать и выполнить дополнительные задачи, например, записать телеметрическую информацию на SD-карту, разработать систему индикации для выполнения операции тестирования, рассчитать и изготовить антенно-фидерное устройство наземного пункта приёма.


Предстартовая проверка аппарата. Проверка программного обеспечения спутника.


Полевая позиция студенческой команды "Спорадик" на аэродроме в г. Камешково. Антенны и приёмная аппаратура для стратосферного аппарата. Андрей Самохвалов — капитан команды.


Подготовка и установка на полётную раму аппаратов стратосферного запуска. Андрей Самохвалов (команда "Спорадик").

В набор электрорадиоэлементов конструктора входят модуль Arduino Nano, модуль датчиков GY801, модуль SD-карты, модуль передатчика SV610 с антенной, транзисторы, резисторы, конденсаторы, фоторезистор, светодиоды, кнопки, аккумулятор и монтажные провода. Работа начинается с изучения технических характеристик всех имеющихся микросхем и деталей, составления структурно-функциональ-

ной и принципиальной электрической схем. После этого выполняются монтаж и распайка модулей и деталей на макетной плате, составление алгоритма работы, написание программы и программирование микроконтроллера, тестирование отдельных узлов и аппарата в целом. Изготовление системы спасения (механизма безаварийного возврата на Землю лётного образца) выполняется каждой командой по своей идее (например, пружинный механизм с электроприводом). Заключительным этапом являются интегрирование всех элементов аппарата в ракету, отладка работы в целом, проведение испытаний (массогабаритных, энергетических, тестовых и других), составление презентации и пояснительной записки и запись видеоматериалов, а допущенные в финал проводят исследование результатов лётного испытания.

Конечным результатом разработки и изготовления прототипа лётного образца является интеграция электронного модуля и системы спасения в цилиндрический корпус диаметром 80 мм и установка его на ракету. Ракета оснащена твёрдотопливным двигателем РД1-100, который обеспечивает подъём аппарата на высоту до 200 м. За время подъёма и спуска телеметрия принимается на наземном пункте, который состоит из приёмника на базе микросхемы SV610 и самодельной семиэлементной антенны "волновой канал".

Более сложный аппарат собирает и испытывает команда школьников-старшеклассников — лига регулярная. Каждая команда создаёт свой уникальный аппарат, но обязательным является использование стандартного конструктора из модулей.



*Передатчик Дениса Ефремова для стратосферного аппарата.*

В этом году идёт подготовка команд к 12-му чемпионату. Этот проект превратился в один из основных профориентационных в области инженерно-космического образования и позволяет участникам подниматься по ступеням "Воздушно-инженерной школы". Проект активно развивается и в регионах России в виде региональных отборочных соревнований юных конструкторов.

В Курске такие соревнования проходят уже четыре года и являются в значительной степени эффективным образовательным инструментом для развития инженерно-технической грамотности и практических навыков молодёжи и их ориентации на инженерные профессии в космической отрасли. Участники межрегиональных соревнований "Курский CanSat" приобретают практические знания в области электроники, программирования, конструирования малых космических аппаратов (МКА), радиосвязи и передачи данных. Анализ полученной в результате лётных испытаний информации позволяет практически осваивать принципы работы космических аппаратов и ракет, баллистики полёта, физико-химические свойства околоземного пространства. Использование современных методов и программ на базе 3D-моделирования позволяет выполнить необходимые расчёты и разработать инженерно-техническую документацию. Немаловажным достоинством таких соревнований является обучение школьников навыкам работы в команде и создание условий для применения этих навыков при выполнении общей задачи — создания действующей модели прототипа МКА и ракеты.

Организатором этих соревнований является региональный центр выявления и поддержки одарённых детей "Успех" — структурное подразделение ОБОУ "Лицей-интернат № 1" г. Курска при активном участии клуба "Спорадик" и студенческого конструкторского бюро "Инженерно-космическая школа" ЮЗГУ (г. Курск).

ЛИТЕРАТУРА

1. **Пиккиев В.** Студенческий радиоклуб "Спорадик". — Радио, 2023, № 1, с. 1, 59, 60, 2-я с. обл.

2. Воздушно-инженерная школа.— URL: **www.roscansat.com** (27.11.22).

# Управление светодиодной лентой на модулях WS2812B без использования библиотек

*Д. МАМИЧЕВ, пос. Шаталово Смоленской обл.*

Движущими мотивами к написанию этой статьи стали следующие соображения:

— при управлении лентами на светодиодных модулях WS2812B с помощью модулей серии Arduino было замечено, что самые часто используемые библиотеки **Adafruit_NeoPixel.h** и **FastLED.h** резервируют динамическую память микроконтроллера (МК) пропорционально числу светодиодов в ленте, не отображая данные, как в случае с первой библиотекой, при компиляции скетча. В итоге, при использовании дополнительных в конструкции элементов правильно написанный скетч может не работать или ресурсы МК оказываются исчерпанными;

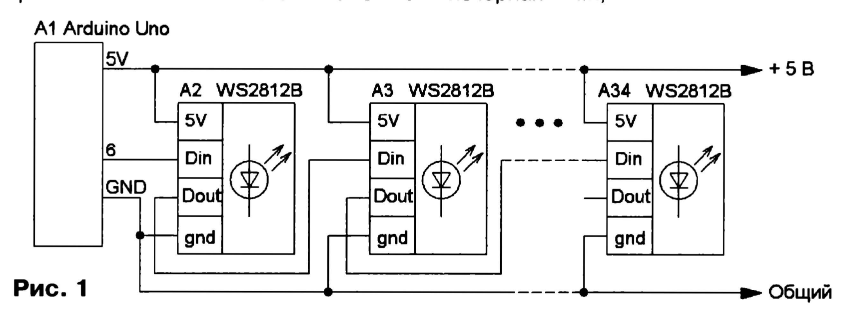



Рис. 1

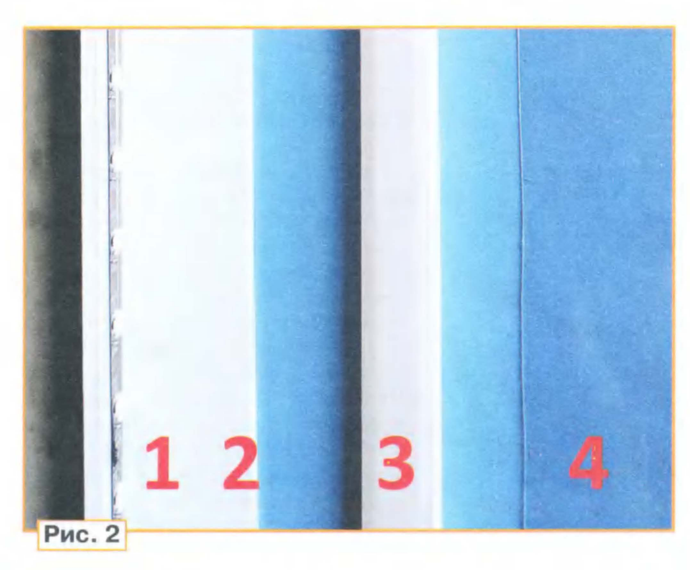



Рис. 2

```
///////////////////////////////////////
uint8_t dataPin = 6;// вывод для подключения
///RGB
void setup() {
}
void loop() {
  //6
  for (int i = 0; i < 8; i++) {
    if (i == 1 || i == 2) {
      WS2812bOut(dataPin, 0, 0, 25);
    }
    else {
      if (i > 3) {
        WS2812bOut(dataPin, 0, 25, 0);
      }
      else {
        WS2812bOut(dataPin, 25, 0, 0);
      }
    }
  }
  delay(1000);
  //7
  for (int i = 0; i < 8; i++) {
    WS2812bOut(dataPin, 4 * (7 - i) + 1 , 0, 4 * i + 1);
  }
  delay(1000);
}
```

Рис. 4

```
///////////////////////////////////////
uint8_t dataPin = 6;// вывод для подключения
///RGB
void setup() {
}
void loop() {
  //1
  WS2812bOut(dataPin, 25, 0, 0);
  delay(1000);
  //2
  WS2812bOut(dataPin, 0, 0, 0);
  delay(1000);
  //3
  WS2812bOut(dataPin, 0, 0, 0);
  WS2812bOut(dataPin, 0, 0, 0);
  WS2812bOut(dataPin, 0, 0, 0);
  WS2812bOut(dataPin, 0, 0, 0);
  WS2812bOut(dataPin, 0, 0, 25);
  delay(1000);
  //4
  for (int i = 0; i < 8; i++) {
    if (i % 2 == 0) {
      WS2812bOut(dataPin, 25, 0, 0);
    }
    else {
      WS2812bOut(dataPin, 0, 25, 0);
    }
  }
  delay(1000);
  //5
  for (int i = 0; i < 8; i++) {
    WS2812bOut(dataPin, 0, 0, 0);
  }
  delay(1000);
  //
}
```

Рис. 3

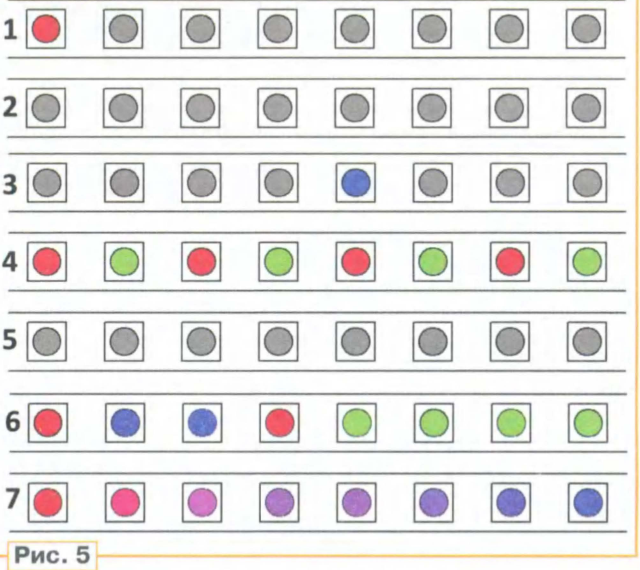



Рис. 5

— использование библиотек накладывает ограничение на число пикселей в светодиодной ленте на модулях WS2812B;

— при изготовлении разных вариантов устройств иллюминации с помощью лент имеет большое значение аспект внешнего восприятия света, который может быть прямым, отражённым, рассеянным, проходящим и комбинированным;

— стало интересно изучение возможности формирования управляющих данных и их отправка с минимальными паузами во времени, практически "на лету", с существенной экономией ресурсов МК.

Вначале несколько слов о работе светодиодной ленты на "умных" светодиодах WS2812B. Она имеет всего один цифровой вход — DIN, подключённый к первому светодиоду на полосе. На него подаётся специальная импульсная последовательность, кодирующая биты. Длительность любого бита — 1,25 мкс, при этом "1" кодируется импульсом длительностью 0,8 мкс и паузой в 0,45 мкс, "0" кодируется импульсом длительностью 0,4 мкс и паузой 0,85 мкс. Возможны расхождения во времени до 150 нс. Между пакетами следует пауза длительностью 50 мкс, пауза длительностью более 100 мкс означает конец передачи. У каждого светодиода есть один цифровой выход DOUT, соединённый с входом DIN сле-

дующего светодиода на полосе. Каждому светодиоду нужно передать 24 бита (по восемь бит на каждый цвет: зелёный — G, красный — R, синий — B. Таким образом, чтобы зажечь все светодиоды, надо передавать 24×N бит, где N — число светодиодов в полосе. Приняв биты, светодиоды загораются и статично горят, пока не получат новую битовую последовательность. Каждая из них начинается с установки DIN в лог. 0 на время не менее 50 мкс.

Для того чтобы соблюсти все необходимые временные соотношения при передаче данных, в библиотеках для плат Arduino Uno и Arduino Mega с 16-мегагерцовыми микроконтроллерами используются подпрограммы, написанные на низкоуровневом ассемблере, и резервируется буфер-массив данных в динамической памяти МК, пропорциональный числу пикселей. При этом передача данных на светодиодную полосу не должна прерываться. Подробнее с характеристиками и условиями работы "умного светодиода" можно ознакомиться в [1].

Поэтому в своих опытах я решил полностью отказаться от использования массивов и передавать данные в ленту ровно по три байта для одного пикселя (светодиода) с формированием данных для следующего в паузе между передачей. В таком представлении цвет включаемого пикселя становится функцией от двух переменных — номера пикселя в ленте и времени, точнее, номера кадра в анимации эффекта. Сама идея не нова и была высказана, например, в [2] участником форума с ником Logik. Адаптированную ассемблерную вставку — функцию передачи данных в ленту — автору любезно предоставил участник форума с ником sadman41.

Схема устройства, с которым проводились эксперименты, показана на **рис. 1**. Элементы A2—A34 (33 пикселя) — это отрезок ленты 1 (**рис. 2**), приклеенный к самодельному Y-образному пластмассовому профилю 2. Лента имеет маркировку: WS2812B black PCB 60 IP30. Это незащищённая от влаги лента, имеющая 60 пикселей на погонный метр, на её обратной стороне нанесено клеевое покрытие для крепления на различных поверхностях. Профиль изготовлен из двух отрезков листовой пористой пластмассы толщиной 3 мм, шириной 5,5 см и длиной 58 см. С лицевой стороны отрезки имеют белую матовую поверхность. Примерно посредине полосы продольно надрезаны пополам для создания изгиба профиля и склеены половинками. Таким образом, получен трёхугольный профиль в сечении с возможностью менять эти углы. Устройство питается от USB-порта компьютера, для чего нужно программно ограничивать потребляемый лентой ток. Автор использовал значение яркости на кристалл не более 50 единиц из максимальных 255, стараясь в эффектах исключать белый цвет свечения всей ленты. Скетчи компилировались в среде Arduino IDE версии 1.8.2.

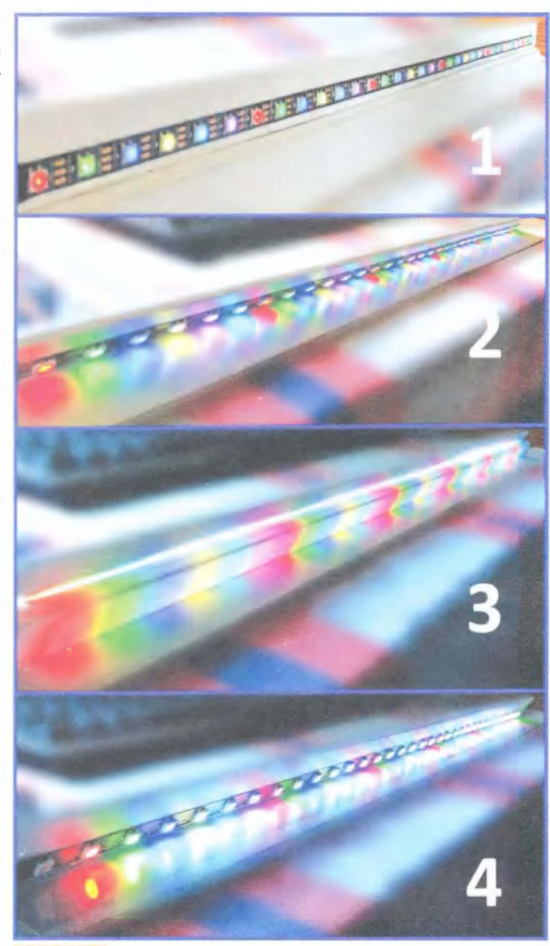



Рис. 6

Сначала рассматривались варианты управления отдельными первыми восемью светодиодами ленты (скетч **ws2812b_primeri**). На **рис. 3**, **рис. 4** представлены семь вариантов включений-выключений светодиодов, а на **рис. 5** — их последовательность. При использовании библиотек сначала в буфер заносятся данные о цвете и номере элемента полосы, где они и хранятся до обновления, а затем идёт команда на обновление ленты. В рассматриваемом варианте эти два этапа объединены, что и делает программирование слегка непривычным в связи с отсутствием возможности хранить ранее внесённые данные. К примеру, чтобы включить третий пиксель в ленте красным, требуются три вызова функции подряд **WS2812bOut(dataPin, 0,0,0); WS2812bOut(dataPin,0,0,0); WS2812bOut(dataPin,25,0,0);**.

После усвоения нюансов можно переходить к созданию собственных эффектов переключений ленты (скетч **ws2812b_line_1**). Здесь в основном использованы вложенные циклы, пример содержит шесть программ переключений ленты (демонстрационный ролик прилагается). Далее, на следующем этапе можно задуматься об универсализации кода и переходе к обобщённым функциям управления лентой. Как пример — скетч **ws2812b_primeri_3**. В нём каждый эффект прописан буквально одной строкой, и смена эффекта сводится к раскомментированию соответствующей строки скетча. Набор различных вариантов переключения дан в скетче **ws2812b_primeri_4**.

В заключение несколько слов об эстетической составляющей восприятия эффектов. В зависимости от назначения иллюминации и внешних условий освещения, автор выделил четыре варианта реализации, показанных на **рис. 6**. Вариант 1 — акцент на прямое излучение светодиодов, яркость кристаллов в интервале 1—5. Вариант 2 — акцент на рассеянно-отражённое излучение, яркость в интервале 7—15 единиц. Вариант 3 — это рассеивание света через преграду, яркость — повышенная — 20—50 единиц. И наконец, вариант 4 — зеркальное отражение, яркость — в интервале 1—20 единиц. Для создания вариантов три и четыре использовались (см. рис. 2) дополнительные элементы к профилю — пластиковый короб 3 и гладкая прозрачная пластина 4 толщиной около 0,8 мм. Крепление проводилось с помощью отрезков прозрачной липкой ленты (скотча).

Файлы проекта имеются на сайте редакции. Автор надеется, что поднятая тема будет интересна читателям и вызовет отклик.

ЛИТЕРАТУРА

1. WS2812B LED. — URL: **https://voltiq.ru/datasheets/WS2812B_datasheet_EN.pdf** (05.08.22).

2. Управление адресной светодиодной лентой без использования библиотек. — URL: **https://arduino.ru/forum/programmirovanie/upravlenie-adresnoi-svetodiodnoi-lentoi-bez-ispolzovaniya-bibliotek** (05.08.22).

*__От редакции__. На нашем FTP-сервере по адресу __http://ftp.radio.ru/pub/2023/02/lenta.zip__ находятся материалы проекта и видеоролики, иллюстрирующие работу устройства.*

# Ответы на викторину "Arduino: аппаратная часть"

("Радио", 2023, № 1, с. 63, 64)

*Р. СЕРГЕЕНКО, г. Гомель, Беларусь*

**1. Ответ — 1**. Кварцевый резонатор Y1 служит для тактирования микроконтроллера (МК) ATmega16U2. Это пассивный элемент с двумя выводами. Однако многие кварцевые резонаторы в SMD-исполнении имеют дополнительные контакты, подключённые к верхней металлической крышке-экрану, что позволяет его заземлить и этим самым снизить излучаемые ВЧ-помехи.

В рассматриваемом случае экран резонатора Y1 обозначен квадратными скобками по бокам УГО. Точек соединения на схеме — три (так задумал разработчик), но физических контактных площадок на резонаторе четыре (**рис. 1**), и все они могут быть задействованы при монтаже.

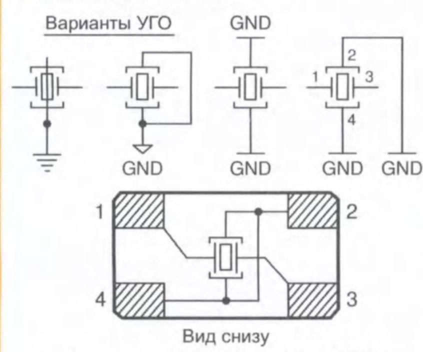



**Рис. 1**

*Важный нюанс*. Чтобы выяснить, какой корпус имеет элемент Y1, надо знать его полное наименование, однако на электрической схеме Arduino UNO Mini Limited Edition оно не указано. На помощь придёт файл автоматизированного проектирования в разделе CAD FILES меню Documentation на сайте [1]. Этот файл следует скачать и открыть в бесплатном онлайн-просмотрщике [2], после чего выбрать перечень элементов BOM (**Bill Of Materials**), в котором указана марка резонатора CX3225SB16000D0GZJC1 фирмы Kyocera.

**2. Ответ — 1**. Светодиод DL4 — это "пользовательский" индикатор с маркировкой **L**, который программно управляется через порт D13 Arduino, например, в знаменитом скетче мигания "Blink.ino". Порт D13 физически соединяется с цепью SCLK1 и линией PB5 МК. Если установить лог. 1 на линии PB5, светодиод включается, и наоборот.

Чтобы светодиод DL4 не подсаживал выходное напряжение порта D13, в схему вводится развязывающий полевой транзистор Q1. Нажатие на кнопку сброса PB1 переводит все линии МК в высокоимпедансное состояние, при этом транзистор Q1 закрывается за счёт нулевого напряжения на затворе, светодиод DL4 гаснет.

Установка линии PB5 в режим входа с "pull-up" резистором приводит к подключению между затвором транзистора Q1 и цепью +5V внутреннего резистора сопротивлением 20...50 кОм. Этого достаточно, чтобы на затворе транзистора Q1 появилось напряжение, близкое к напряжению питания. Как следствие, транзистор открывается (порог его включения — 1...2 В), и светодиод DL4 загорается.

**3. Ответ — 1.** Элемент L1 в перечне элементов BOM модуля Arduino Zero называется SMD ferrite, т. е. ферритовый фильтр в SMD-исполнении. Марка и изготовитель не указаны. Назначение фильтра — снижение ВЧ-помех, излучаемых через металлическую оплётку соединительного кабеля, подключаемого к USB-разъёму J5. С аналогичной целью на качественные USB-кабели надевают внешние ферритовые цилиндры.

Основным параметром ферритовых фильтров является импеданс на высокой частоте. Чем он больше, тем лучше фильтрация. Измерение, как правило, проводится на тестовой частоте 100 МГц [3], где для фильтра L1 гарантируется импеданс не менее 30 Ом.

**4. Ответ — 0**. Кнопка начального сброса присутствует практически во всех фирменных платах Arduino. Она, в зависимости от типа, может иметь 2, 4, 5 или 6 контактов (**рис. 2**). В рассматриваемой схеме число контактов — пять, причём последний по счёту относится к металлическому корпусу кнопки. Его "заземление" (подключение к цепи GND) на функционирование платы никак не влияет, более того, снижается вероятность повреждения устройства электростатическим потенциалом.

На практике во многих моделях Arduino корпус кнопки сброса "висит в воздухе", и... ничего страшного. С другой стороны, в плате Arduino UNO WiFi корпус кнопки "заземляется", что

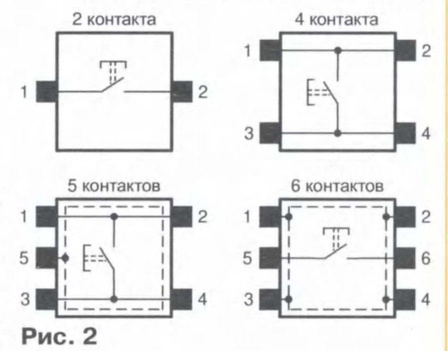



**Рис. 2**

в теории должно снижать электромагнитные наводки на цепь сброса МК от радиоизлучений на частоте Wi-Fi — 2,4 ГГц.

**5. Ответ — 1**. Микросхема U5 — это импульсный понижающий преобразователь напряжения (5 В, 1,2 А) со встроенным накопительным дросселем, относящийся к новому поколению микросхем преобразователей, не требующих внешних силовых моточных изделий.

В справочных данных на микросхему U5 [4] содержится типовая схема включения, но она отличается от приведённой в документации Arduino UNO Mini Limited Edition. Главная ошибка — УГО преобразователя U5 относится к микросхеме MPM3610, а применяется MPM3610A!

С технической стороны это не критично, ведь обе микросхемы почти полностью взаимозаменяемы. Отличие между ними в выводе 18, который в MPM3610 называется AAM (**A**dvanced **A**synchronous **M**odulation), а в MPM3610A — PG (**P**ower **G**ood). Соответственно резистор R14 должен быть подключён для MPM3610A не к общему проводу GND, а к контакту VCC.

Кроме того, на УГО микросхемы U5 не нарисованы свободные выводы 19, 20 (Not Connect), как рекомендуется в [4]. Без них может возникнуть резонный вопрос, почему выводов на схеме 18, а корпус микросхемы QFN20.

**6. Ответ — 0**. Микросхема U1 ECC608 — это чип аутентификации шифрования, работающий совместно с блоком Wi-Fi в плате Arduino UNO WiFi. Чип предназначен для прохождения аутентификации в облачных сервисах "Интернета вещей", таких как Amazon AWS IoT,

Google Cloud IoT, по принципу "одно устройство — несколько аккаунтов". В память чипа записываются все необходимые ключи и шифры.

На УГО микросхемы U1 имеются 9 (а не 8) выводов, следовательно, она изготовлена в корпусе UDFN-8 [5]. "Земляной" контакт EP (**E**xposed **P**ad) находится с нижней стороны корпуса и обеспечивает отвод тепла, будучи припаянным к общему проводу. Микросхема ECC608 в корпусе SOIC-8 контакта EP не имеет.

Преимущество корпуса UDFN заключается в миниатюрности — 2×3 мм против 4,9×6 мм для корпуса SOIC, при этом отвод тепла через контакт EP обеспечивает корпусу UDFN практически такое же тепловое сопротивление $R_{th}$, что и корпусу SOIC.

**7.** **Ответ — 0**. Резисторы RN3A, RN3D служат для согласования волнового сопротивления дифференциального тракта сигналов D–, D+ в канале USB. Загвоздка в том, что применяется SMD-сборка с четырьмя резисторами, два из которых — RN3B и RN3C — не используются. Не проще было бы заменить одну сборку двумя одиночными чип-резисторами таких же размеров, что дешевле в несколько раз?

Участники обсуждения этой темы на форуме [6] склоняются к тому, что причины применения сборки резисторов 22 Ом в Arduino UNO R3 скорее экономические, чем технические. Например, копеечная экономия в цене резисторов может оказаться меньше, чем трудозатраты на автоматизированную установку в печатную плату одного дополнительного элемента (закупка, инвентаризация, хранение и т. д.). Налицо нюансы массового производства, которые далеко не очевидны.

**8.** **Ответ — 1**. Микросхема IC1 служит конвертором интерфейсов USB—TTL, которая соединяется с МК IC3 через токоограничивающие резисторы RP1A, RP1B. Чтобы организовать двухстороннюю связь, выводы передачи TXD (**T**ransmit **D**ata) и приёма RXD (**R**eceive **D**ata) обеих микросхем соединяются крест-накрест. Но как тогда правильно обозначить соединительные цепи — где TX, а где RX?

Названия цепей придумывает разработчик схемы, это условность. В платах Arduino маркировка линий интерфейса UART жёстко привязывается к портам D0 (RX, приём) и D1 (TX, передача). Следовательно, главным в связке выступает МК IC3, под него и подстраиваются названия цепей TX, RX.

**9.** **Ответ — 0**. Разъём J1 соответствует классификации USB Type-C, который постепенно становится стандартом "де-факто" в качестве единого порта для зарядки мобильных гаджетов по всему миру. Удобство заключается в подключении к нему ответного кабеля любой стороной соединителя.

На УГО разъёма J1 контакты расположены симметрично относительно центральной оси по горизонтали и попарно повторяются в названиях. Сигнальные цепи, в число которых входят D+ и D–, имеют по два контакта, а силовые VBUS, GND — по четыре контакта, из-за чего они визуально кажутся параллельными друг другу. Причина увеличенного числа контактов — через силовые цепи протекают большие токи, поэтому их запараллеливают, добиваясь минимального омического сопротивления.

**10.** **Ответ — 0**. Полевой MOSFET-транзистор T2 PMV48XP предназначен для защиты микросхемы стабилизатора U2 от входного напряжения VIN обратной полярности. Такое решение позволяет снизить потери мощности, по сравнению со схемами защиты от переполюсовки, выполненными на последовательно включённом кремниевом диоде 1N4007 в Arduino UNO WiFi или на диоде Шоттки SS24FL в Arduino Zero.

Для ориентира, падение напряжения на диоде 1N4007 при токе 1 А составляет примерно 0,9 В, на диоде SS24FL — 0,45 В, на открытом транзисторе PMV48XP — 0,15 В.

**11.** **Ответ — 0**. В схеме платы Arduino Mega2560 микросхема ATmega16U2 является конвертором интерфейсов USB—TTL. Кроме того, она формирует сигнал DTR, который через конденсатор C7 автоматически сбрасывает основной МК IC3 для загрузки в него скетча после компиляции в среде Arduino IDE. Если автоматическая загрузка не нужна, можно разорвать цепь, для чего скальпелем разрезать проводник, соединяющий две металлизированные прямоугольные площадки типоразмера 0805 с маркировкой RESET-EN (**рис. 3**).



**Рис. 3**

Схема платы Arduino Mega2560 в части полукругов нарисована неудачно, что затрудняет понимание. По-хорошему, электрическую связь между двумя полукругами следовало бы провести не снаружи, а внутри них, что реально соответствует разводке печатной платы.

**12.** **Ответ — 1**. Сигнал с линии PC7 МК (порт D13 Arduino) поступает на светодиод с маркировкой L через буферный ОУ LMV358. Этот ОУ рассчитан на питание однополярным напряжением 2,7...5 В, включён по схеме повторителя напряжения с единичным коэффициентом передачи, имеет стандартные входы и "rail-to-rail" выходы.

Напряжение 4,9 В с выхода МК поступает на неинвертирующий вход ОУ. Согласно **рис. 4**, это напряжение попадает в зону верхнего ограничения 4,2...5 В [7]. Как следствие, напряжение на выходе ОУ при отсутствии нагрузки не будет превышать 4,2 В. И это несмотря на то, что по выходу имеется значительный запас "прочности", вплоть до 4,96 В из-за свойства "rail-to-rail".

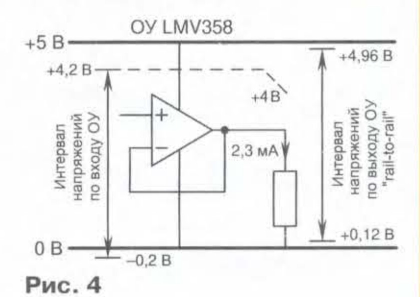


**Рис. 4**

Если учесть, что через светодиод **L** протекает ток примерно 2,3 мА, значит, напряжение на выходе ОУ будет меньше, чем 4,2 В. Исходя из нагрузочных характеристик [7], снижение будет около 0,15 В. Итого, на выходе ОУ будет присутствовать напряжение 4,2 – 0,15 = 4,05 В. Разумеется, расчёт оценочный, на практике могут быть отличия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Arduino UNO Mini Limited Edition. — URL: **https://store.arduino.cc/collections/boards/products/uno-mini-le** (09.11.22).

2. Altium 365 Viewer. — URL: **https://www.altium.com/viewer/** (09.11.22).

3. Многослойные ферритовые чип-фильтры компании Chilisin. — URL: **https://www.compel.ru/lib/60228** (09.11.22).

4. MPM3610A. — URL: **https://www.monolithicpower.com/en/mpm3610a.html** (09.11.22).

5. ECC608-TFLXWPC. — URL: **https://www.microchip.com/en-us/product/ecc608-tflxwpc** (09.11.22).

6. Why resistors array 22 Ohm (USB). — URL: **https://forum.arduino.cc/t/why-resistors-array-22-ohm-usb/1044555** (09.11.22).

7. LMVxx. — URL: **https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lmv324.pdf** (12.11.22).

## 25-я Международная выставка электронных компонентов, модулей и комплектующих

**11–13 апреля 2023**
Москва, Крокус Экспо

**До встречи на выставках 2023!**

**expoelectronica.ru**



ЖУРНАЛ

# РАДИО

АУДИО•ВИДЕО•СВЯЗЬ•ЭЛЕКТРОНИКА•КОМПЬЮТЕРЫ

**Получатель АНО "Редакция журнала "Радио"**
**ИНН 7708187140, р/с 40703810538090108833**
**в ПАО Сбербанк г. Москва, КПП 770801001,**
**К/с 30101810400000000225, БИК 044525225**

Стоимость полугодовой подписки с рассылкой из редакции (адресная рассылка) для индивидуальных подписчиков России — 3240 руб., для индивидуальных подписчиков из стран зарубежья — 4800 руб.

Стоимость для юридических лиц России — 3840 руб., для юридических лиц из стран зарубежья — 5280 руб.

При оплате физическими лицами подписки через банк ПАО "Сбербанк" (мобильное интернет-приложение "Сбербанк", через интернет-сайт "Сбербанк онлайн", терминалы самообслуживания банка "Сбербанк", оператора отделения банка "Сбербанк") комиссия за платёж не берётся. Если Вы оплачиваете подписку через сторонние банки, стоимость подписки может увеличиться на размер комиссии банка, которую он берёт за услугу перевода денег.

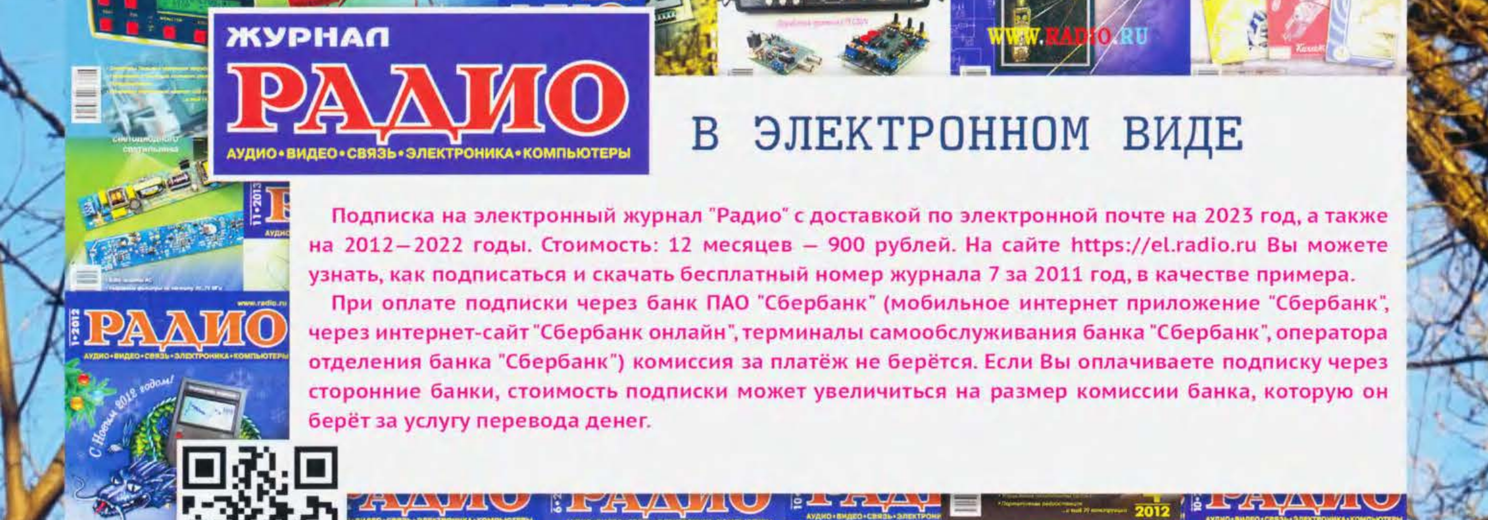
**Цена одного номера журнала в 2023 г. (с 1-го по 6-й номер) при покупке в редакции по БЕЗНАЛИЧНОЙ оплате — 470 руб.**

| Год выпуска | Номер журнала | Стоимость одного номера в редакции | Стоимость одного номера с пересылкой | |
|---|---|---|---|---|
| | | | В Россию | В остальные страны |
| 2021 | 11—12 | 395 руб. | 490 руб. | 800 руб. |
| 2022 | 1—12 | 430 руб. | 530 руб. | 840 руб. |
| 2023 | 1—6 | 470 руб. | 570 руб. | 880 руб. |

При оплате подписки через интернет-сайт "Сбербанк онлайн" (online.sberbank.ru) Вам необходимо выбрать раздел "платежи и переводы", найти нашу организацию в поисковой строке по ИНН 7708187140 и далее заполнить (обязательно!) Ф.И.О., домашний адрес, за какие журналы или период подписки Вы переводите деньги, сумму и совершить платёж.

Журналы высылаются после поступления денег на расчётный счёт. Узнать о зачислении оплаты Вы можете, позвонив по телефону +7 (495) 607-87-39 или написав письмо на fin@radio.ru. При возникновении проблемы с доставкой журнала "Радио" из редакции пишите на sale@radio.ru. НАЛОЖЕННЫМ ПЛАТЕЖОМ РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛЫ НЕ ВЫСЫЛАЕТ!

**Подписные индексы журнала по каталогам: Официальный каталог Почты России П4014; КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ 89032**




## В ЭЛЕКТРОННОМ ВИДЕ

Подписка на электронный журнал "Радио" с доставкой по электронной почте на 2023 год, а также на 2012—2022 годы. Стоимость: 12 месяцев — 900 рублей. На сайте https://el.radio.ru Вы можете узнать, как подписаться и скачать бесплатный номер журнала 7 за 2011 год, в качестве примера.

При оплате подписки через банк ПАО "Сбербанк" (мобильное интернет приложение "Сбербанк", через интернет-сайт "Сбербанк онлайн", терминалы самообслуживания банка "Сбербанк", оператора отделения банка "Сбербанк") комиссия за платёж не берётся. Если Вы оплачиваете подписку через сторонние банки, стоимость подписки может увеличиться на размер комиссии банка, которую он берёт за услугу перевода денег.